

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica**

**PROGRAMA DE ACTUALIZACIÓN PARA TITULACIÓN**

**PROFESIONAL – VERSIÓN VIII 2018**



**INFORME DE INVESTIGACIÓN**



**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-  
UMETER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE  
LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”**

**Presentada por:**

**Bach. Coronel Rujel Cecilia Vanessa**

**Bach. Figueroa Alburqueque Manuel Jonathan**

**Bach. Zavala Timana Félix Alonzo**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**Asesor:**

**MBA. Luciana Mercedes Torres Ludeña**

**Piura - Perú**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**

**Facultad de Ingeniería Industrial**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica**



**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-  
UMETER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA  
PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.**

**SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**ELABORADO POR:**

Br. CORONEL RUJEL CECILIA VANESSA

Br. FIGUEROA ALBURQUEQUE MANUEL JONATHAN

Br. ZAVALA TIMANA FÉLIX ALONZO

**ASESOR:**

MBA. LUCIANA MERCEDES TORRES LUDEÑA

**PIURA, DICIEMBRE 2018**

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN**

Yo: Coronel Rujel Cecilia Vanessa , Identificada con DNI N° 42447795,  
Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de  
Ingeniería Industrial y domiciliada en Urb. San José calle 11 número 648 , del  
Distrito Piura, Provincia Piura, Departamento Piura , Celular: 942097337 , Email:  
vanessa\_213@hotmail.com

### **“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-U-METER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”**

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** que el Informe de Investigación que  
presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis  
desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar  
falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el  
Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley  
del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los  
Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 29 de diciembre de 2018



DNI N° 42447795

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación  
con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad  
establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de  
cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar  
grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-  
2016-SUNEDU/CD**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Yo: Figueroa Alburqueque Manuel Jonathan, Identificado con DNI N°: 42505348, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en AA.HH. 7 de Junio Manzana D lote 41 del Distrito de Pariñas Provincia Talara Departamento de Piura, Celular: 972977489 Email: manuelj.figueroa@hotmail.com

### **“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-U-METER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”**

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** que el Informe de Investigación que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 29 de diciembre del 2018.



DNI N° 42505348

Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN**

Yo: Zavala Timana Félix Alonzo , Identificado con DNI N° 42793981, Bachiller de Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingeniería Industrial y domiciliado en Urb. San José calle 11 , N° 648 del Distrito Piura, Provincia Piura, Departamento Piura , Celular: 968354762 , Email: fazt2@hotmail.com

**“PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-U-METER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”**

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** que el Informe de Investigación que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura 29 de diciembre de 2018



.....  
DNI N° 42793981

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD**



## ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del Jurado Calificador del Informe de Investigación denominado **"PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-U-METER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO"**, presentado por los Bachilleres: **CECILIA VANESSA CORONEL RUJEL, MANUEL JONATHAN FIGUEROA ALBURQUEQUE Y FELIX ALONZO ZAVALA TIMANÁ**, participantes del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la **ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**, Versión VIII 2018-1; asesorados por la MBA. Luciana Mercedes Torres Ludeña; habiendo revisado el informe de investigación y absueltas las interrogantes formuladas por el Jurado Calificador, lo declaran:

Aprobada

Con los calificativos:

- CECILIA VANESSA CORONEL RUJEL

Bueno


- MANUEL JONATHAN FIGUEROA ALBURQUEQUE

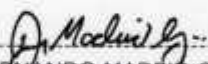
Bueno

- FELIX ALONZO ZAVALA TIMANÁ

Bueno

Piura, 29 de diciembre de 2018

  
MSc. MANNOLIO HUACCHILLO CALLE  
Miembro del Jurado Calificador

  
MSc. FERNANDO MADRID GUEVARA  
Miembro del Jurado Calificador

  
MSc. DANIEL LEÓNARDO BENITES URRUTIA  
Miembro del Jurado Calificador



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica



## INFORME DE INVESTIGACIÓN

### “PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DE UN VOL-UMETER PARA EL PROCESO DE TOTALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE UN LOTE PETROLERO”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

#### JURADO CALIFICADOR:

MSC. FERNANDO MADRID GUEVARA

Miembro del Jurado Calificador

MSC. MANNOLIO HUACCHILLO CALLE

Miembro del Jurado Calificador

MSC. LEONARDO BENITES URRUTIA

Miembro del Jurado Calificador

PIURA, DICIEMBRE 2018

## ***Dedicatoria***

*A Dios nuestro Creador por darnos la vida, salud y sabiduría a lo largo del desarrollo de este Informe de Investigación.*

*A nuestros padres por ser ejemplo de perseverancia y constancia, por su sacrificio y esfuerzo para brindarnos un futuro mejor y por creer sin desmayo en nuestra capacidad de salir adelante frente a cada obstáculo en la vida brindándonos siempre amor incondicional.*

*A nuestros hijos por ser fuente de motivación e inspiración para superarnos cada día y luchar para que la vida les depare un futuro mejor.*



## **AGRADECIMIENTO**

Un profundo reconocimiento:

A la Universidad Nacional de Piura por enriquecer nuestra formación ética y profesional.

A la Empresa Petrolera dueña de los equipos utilizados en este proyecto por su gran aporte y colaboración en el desarrollo de esta investigación.

A nuestra Asesora MBA. Luciana Mercedes Torres Ludeña por su acompañamiento y apoyo durante la realización del proceso de investigación.

A los docentes formadores de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica por compartir sus conocimientos y fortalecer el desarrollo de las competencias y capacidades necesarias en nuestra formación profesional.

A nuestras familias por ser la principal motivación de nuestro Desarrollo personal y profesional.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	viii
AGRADECIMIENTOS .....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	xi
INDICE DE CUADROS .....	xii
INDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCION .....	1
I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA. ....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS .....	4
II. MARCO TEÓRICO. ....	5
<b>2.1. BASES TEÓRICAS. ....</b>	<b>5</b>
2.2. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
2.3. MARCO REFERENCIAL.....	15
III. MARCO METODOLÓGICO .....	16
3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:.....	16
3.4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	18
3.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS. ....	23
IV. DESARROLLO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	24
Diagnóstico de Funciones del Vol-u-meter .....	24
4.5.1. Discusión De Resultados.....	36
CONCLUSIONES .....	37
RECOMENDACIONES .....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
ANEXOS .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Componentes de Vol-u-meter	06
Figura 2.2: Diagrama de instrumentación y tuberías	06
Figura 2.3: Etapa inicial de llenado	07
Figura 2.4: Etapa Final de llenado	07
Figura 2.5: Accionamiento de la boya y válvulas motoras	07
Figura 2.6: Vol-u-meter en la actualidad	08
Figura 2.7: Fases del Proyecto de Automatización	10
Figura 2.8: Panel de mando básico para llevar a cabo la intervención del operario.	11
Figura 2.9: Esquema del funcionamiento de Telemetría	13
Figura 3.1: Diagrama eléctrico del switch	20
Figura 4.1: Esquema de control neumático	25
Figura 4.2: Esquema de control Electrónico	26
Figura 4.3: Entradas de level switch	26
Figura 4.4: Salidas de válvulas solenoides	27
Figura 4.5: Cambio de descarga a llenado	27
Figura 4.6: Proyección de producción por día de un pozo	28
Figura 4.7: Captura de volumen producido	29
Figura 4.8: Volumen puntual producido y cierre de producción	29
Figura 4.9: Diagrama de infraestructura de red	31
Figura 4.10: Asignación de IP estación 1	32
Figura 4.11: Configuración de parámetros estación 1	32
Figura 4.12: Asignación de IP estación 2	33
Figura 4.13: Configuración de parámetros estación 2	34
Figura 4.14: Enlace datos de PLC y HMI	35
Figura 4.15: Enlace al PLC	35
Figura 4.16: Creación de pantallas	36
Figura 4.17: Visualización de los datos en el contador	36

## **ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 3.1: Identificación y Operacionalización de Variables	17
Cuadro 3.2: Presupuesto para Tablero e Instrumentos	22
Cuadro 3.3: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	23
Cuadro 4.1: Resumen De Material A Solicitar En Vol-u-meter Mecánico	24
Cuadro 4.2: Asignación de direcciones IP	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Hoja de datos de Vol-u-meter	40
Anexo 2: Resultado de factores volumétricos y caudalímetros según Prog. Mensual.	42
Anexo 3: Diagrama unifilar de tablero de control	43
Anexo 4: Diagrama de conexionado (entradas) de tablero de control	44
Anexo 5: Diagrama de conexionado (salidas) de tablero de control	45
Anexo 6: Montaje de elementos de tablero de control	46
Anexo 7: Distancia para radioenlace	47
Anexo 8 Datasheet Switch de Nivel	48
Anexo 9: Datasheet de válvula solenoide	49
Anexo 10: Datasheet de plc micrologix 1100	50
Anexo 11: Datasheet de hmi panel view plus 700	51
Anexo 12: Datasheet de antena nanostation 2	52
Anexo 13: P&ID vol-u-meter electrónico	53
Anexo 14: P&ID vol-u-meter neumático	54

## **RESUMEN**

El presente informe de investigación, está basado en el diseño de automatización de unidad medidora de volumen ( Vol-U-meter) para la medición de la producción diaria de uno o más pozos en un lote petrolero; para ello se controló el volumen, cantidad de iteraciones utilizando un control lógico programable (PLC), el cual a su vez envía datos a través de un radio enlace a una unidad central con una interface hombre maquina (HMI), estos datos serán objeto de registro y visualización del personal encargado del área de producción de las empresas petroleras en el departamento de Piura. Por medio del radio enlace será posible monitorear a distancia y en tiempo real la cantidad de barriles de crudo que produce un pozo en un periodo de 24 horas, con estos datos, será posible realizar gráficas para cada uno de las variables que intervienen en el proceso de control como son el volumen por medio de la cantidad de iteraciones. El diseño se basa en la colocación de 2 interruptores de nivel en el Vol-U-Meter que al sensar un nivel bajo o alto envían una señal al control lógico programable, el cual a su vez procesa esta información y envía una señal de accionamiento a 2 válvulas solenoides las cuales cada una accionan 2 válvulas, que controlan el ingreso y/o salida de crudo y el ingreso y/o salida del gas para el desplazamiento del fluido hacia el tanque de almacenamiento, este proceso almacenado y cuantificado por iteraciones, las cuales son guardados y enviados a una unidad central por radio enlace, es aquí que son recibidos estos datos en otro control lógico programable y mostrados al personal de producción a través de una interface hombre maquina (HMI).

Palabras Claves: VOL-U-METER, HMI, Radio Enlace, PLC, Iteraciones.



## **ABSTRACT**

This research report is based on the volume measure unit of automatization design (Vol- U – meter) to measure the production of one or more petroleum plot, to do that the volume was controlled, iterations quantities using a programmable logic control (PLC) which in turn sends data through a radio link to a central unit with a human machine interface (HMI), these data will be subject to registration and visualization of the staff in charge of the production area of the oil companies in the department of Piura . Through the radio link it will be possible to monitor remotely and in real time the number of oil barrels produced by a well in a period of 24 hours, with these data, it will be possible to make graphs for each of the variables involved in the control process are the volume by means of the number of iterations. The design is based on the placement of 2 level switches in the Vol-u-meter that when sensing a low or high level send a signal to the programmable logic control, which in turn processes this information and sends a drive signal to 2 valves that operate. They control the entry and / or exit of crude oil and the entry and / or exit of the gas for the displacement of the fluid to the storage tank, this process stored and quantified by iterations, which are stored and sent to a central unit by radio link, it is here that these data are received in another programmable logic control and shown to the production personnel through a man machine interface (HMI).

Key words: VOL-U-METER, HMI, Radio link, PLC, Iterations.

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Talara se halla ubicada en la parte noroccidental del departamento de Piura. Su territorio limita, hacia el norte, con el departamento de Tumbes y el Océano Pacífico; En la provincia de Talara se explotan numerosos yacimientos petrolíferos, por parte del estado con la empresa estatal Petroperú y también bajo la modalidad de contratos a terceros. Estas actividades producen la mayoría de empleos, promoviendo el desarrollo social y económico de la región. La industria Petrolera en sus fases de exploración, perforación y explotación requiere siempre de la asistencia técnica de ciertos procedimientos operativos que permitan que el servicio a un pozo productivo sea eficiente.

Uno de estos procedimientos técnicos es la medición de Volumen de crudo a través del equipo Vol-u-meter; esto involucra, una serie de procesos, como son los de llenado, control y desplazamiento del hidrocarburo, los cuales se realizan en el interior del equipo bajo determinadas presiones; actualmente este proceso es netamente mecánico y neumático, con accesorios discontinuados y por ende muy caros de reparar; además a ello se suma, un registro limitado de la producción de uno o más pozos, los cuales descargan en tanques de almacenamiento pertenecientes a una batería petrolera .

Este proyecto plantea el diseño de un sistema de control de nivel electrónico y desplazamiento del hidrocarburo, controlado por un PLC, a través de un sistema electro neumático; con el fin de obtener un registro de lecturas de la producción de un pozo determinado y poder visualizar esta información en una interfaz hombre maquina (Pantalla HMI), esto permitirá reducir los costos operativos y de mantenimiento de este equipo.

En el desarrollo de este proyecto se analizan temas relacionados con los antecedentes de los equipos de medición Vol-u-meter, diseño de sistemas de medición y control, sistemas electro-neumáticos, programación de PLC y configuración de Interfaz Hombre maquina (Pantalla HMI). Y lo más importante se describe la problemática actual, con respecto a la baja del petróleo, en el mercado nacional e internacional, la justificación de la investigación, y la metodología de la investigación. Esperando que con este proyecto se genere el desarrollo productivo y tecnológico de nuestra región.

En el Primer Capítulo se hace referencia a la realidad problemática, justificación e importancia de la realización de este proyecto y sus objetivos.

En el Segundo Capítulo, se aborda lo relacionado al marco teórico y todos los aspectos que permitirán lograr los objetivos planteados en este proyecto.

En el Tercer Capítulo, se procede con el marco metodológico, técnicas e instrumentos de Recolección de datos para el diseño de un sistema de control de nivel electrónico y desplazamiento del hidrocarburo, controlado por un PLC.

En el Cuarto Capítulo hacemos referencia al desarrollo y discusión de los resultados, así como las conclusiones y recomendaciones finales.

# **I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA**

## **1.1.DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.**

En la ciudad de Talara, existen diversas Empresas, dedicadas a la exploración, perforación y explotación de hidrocarburos, siendo estas actividades las principales fuente de ingresos de la población talareña, el hidrocarburo producido por los pozos de un lote petrolero adjudicado a un operador privado determinado, se cuantifica y trata en una estación de almacenamiento llamado batería petrolera; ahí se encuentran sistemas de tuberías, de acero al carbono, con válvulas generalmente de 2" de diámetro (llamadas en su conjunto como manifold) que provienen de cada uno de los pozos de un área específica y con una presión determinada; es partir de ahí, que se pueden apreciar dos sistemas importantes que son el sistema de producción de prueba (donde llega la producción de un pozo determinado) y el sistema de producción de totales (donde llega la producción de un grupo de pozos de un área específica). El manifold alimenta a dos equipos, uno llamado separador de gas y crudo de prueba y el otro llamado separador de totales; de cada separador sale una línea de hidrocarburo líquido (crudo) que alimenta a los Vol-u-meter de prueba y de totales (estos equipos totalizan la producción de crudo), una vez que se ha contabilizado el crudo, pasa a los tanques de prueba y de totales ( sin presurizar y solo con la presión de la atmósfera), donde se trata químicamente el hidrocarburo para enviarlo después a otra batería de transferencia y custodia, por medio de bombeo, de donde parte la producción del lote hacia la refinería de Talara perteneciente a Petroperú. El Vol-u-meter de un barril, cumple la función de cuantificar la producción de un pozo determinado o de un grupo de pozos de un área específica, ya sea de prueba o de totales respectivamente; a través de llenado y descarga continuos. El Vol-u-meter tiene dos entradas y dos salidas; las líneas de ingreso son: una línea de gas sin válvula de control que sale generalmente del separador con una presión determinada y otra de hidrocarburo líquido con una válvula de control neumática que proviene del separador con la misma presión que la de gas; y la salida del Vol-u-meter donde se coloca una válvula de control neumática que va hacia el tanque con solo la presión atmosférica; El funcionamiento de este equipo radica, en la apertura del válvula de control neumático (normalmente cerrada) ubicada al ingreso de crudo y el cierre de la válvula de control a la salida del equipo (normalmente abierta); bajo estas condiciones empieza la etapa de llenado hasta el punto donde se ubica una boya de control neumático, ubicada en la parte superior del cuerpo del equipo ( a la altura donde se llega a un barril), una vez que el nivel de crudo llega a activar la boya, esta cierra el paso de gas que alimenta las válvulas de control y libera el gas contenido en ellas, cerrando así el ingreso de crudo y aperturando la salida del hidrocarburo líquido, bajo esta nueva condición el gas proveniente del separador desplaza el crudo hacia el tanque que tiene una menor presión dando como resultado la descarga del Vol-u-meter, la boya

mecánica, cuyas iteraciones son registradas por un contador también mecánico, son el único registro con los que se cuenta, para los reportes diarios de la producción, además a esto se suma el costo del recurso humano destinado a la lectura y mantenimiento del sistema de medición de volumen mecánico, sumando todo esto, aumenta enormemente el costo y retrasa el proceso productivo.

Para dar solución a la problemática detectada, es necesario contar con un sistema de switch de señales discretas de nivel alto y bajo (apropiados para hidrocarburos líquidos) dentro del Vol-u-meter; que permita gobernar las válvulas neumáticas de control tanto para el llenado como para la descarga; todo esto controlado por un PLC, esto podrá reducir enormemente los costos operativos y optimizar sus tiempos de respuesta ante cualquier eventualidad dentro del proceso productivo. Al diseñar la automatización de un Vol-u-meter para el proceso de totalización de la producción diaria de un lote petrolero, se podrá obtener una unidad de medida estandarizada de crudo en la producción del pozo y al controlar el ingreso de flujo de crudo y de gas al Vol-u-meter ¿Se podrá automatizar un Vol-u-meter totalizador de crudo, dentro de un lote Petrolero, y poder así reducir los costos operativos de producción en la industria de Hidrocarburos?

## **1.2.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Este trabajo de investigación permitirá a las empresas operadoras tener un registro confiable de la producción en un lote petrolero a través de la información recopilada en cada pozo y una reducción en los costos de operación y mantenimiento del equipo Vol-u-meter; para ello, es necesario implementar un sistema de control automático que se adecue a la realidad de las operaciones petroleras actuales, ya que es necesario proponer alternativas de mejora en proceso productivo; teniendo en cuenta la baja del precio del barril de petróleo en el mercado internacional y los despidos masivos a raíz de este fenómeno económico; mejorando así las operaciones de los sistemas en el lote petrolero dentro de las baterías de almacenamiento y bombeo de crudo proveniente de los pozos petroleros.

El presente proyecto de investigación es importante porque se puede tener información confiable de la producción y por ende poder identificar los factores a corregir en eventos no deseados como bloqueos en las tuberías, obstrucciones en equipos (como separadores y tanques), etc. evitando así trabajos correctivos y dando paso a labores preventivas y planificadas, sin exponer innecesariamente al personal al contacto directo con los hidrocarburos nocivos para la salud de los trabajadores. Esto podrá reducir enormemente los costos operativos y optimizar sus tiempos de respuesta ante cualquier eventualidad dentro del proceso productivo.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo General.**

Desarrollar una propuesta de automatización de un Vol-u-meter para totalizar la producción diaria de un lote petrolero.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos.**

Obtener una unidad de medida estandarizada de crudo, en el Vol-u-meter a través de la instalación de level Switch.

Controlar los desplazamientos de crudo dentro del Vol-u-meter, a través de la utilización de un control lógico programable (PLC).

Cuantificar y almacenar en el PLC las iteraciones de los desplazamientos de crudo provenientes de la producción de pozo petrolero.

Trasmitir desde las baterías de almacenamiento y bombeo los datos de la producción diaria de los pozos a través de radio enlace hasta una estación central.

Recepcionar en la estación central los datos de producción diaria de los pozos dentro de un lote petrolero, enviados desde las baterías de almacenamiento y bombeo, a través de un PLC, una interface hombre maquina (HMI) y en una PC.

## **II. MARCO TEÓRICO.**

### **2.1.BASES TEÓRICAS.**

#### **2.1.1. Vol-U-meter Totalizador de Crudo.**

Actualmente las instalaciones existentes en la operación de los Vol-u-meter's es similar en todo el campo, siendo las siguientes: El control es neumático y consta de una boya principal, la cual gobierna en la mayoría de veces 4 válvulas de control neumáticas, como se ve en la figura 2.1, adicionada a la boya una válvula triplex y un contómetro que marca las iteraciones de la boya. El gas ingresa al Vol-u-meter y por un juego de válvulas motoras (válvulas de control neumático), este se libera al ambiente (Anexo 01).

##### **2.1.1.1.Partes principales de un Vol-U-meter Mecánico:**

- Sensor de nivel. Es un elemento flotante (boya) instalado en la parte interna del Vol-U-meter, cuyo desplazamiento realiza la activación de un sistema mecánico.
- Yoque. Es un accesorio con forma de semicircunferencia que cuenta con un tope en cada extremo, los cuales sirven para regular tanto el nivel alto como el nivel bajo del Vol-U-meter.
- Brazo disparo. Es una palanca de aluminio que se desplaza a medida que varía el eje de la boya, dicho desplazamiento es transmitido a la palanca del piloto para cambiar el direccionamiento de la señal neumática.
- Horquilla piloto. Está diseñada con material de aluminio, cuenta con dos topes para jalar la palanca del piloto.
- Resorte. Está confeccionado de material acerado para soportar el estiramiento del mismo, sirve para accionar el brazo de disparo.
- Piloto. Es una válvula de cuatro vías, que hace el cambio de estado direccionando la señal neumática a la válvula de entrada o salida de crudo del Vol-U-meter según el nivel alto o bajo del Vol-U-meter.
- Manómetro. Es un indicador de presión que señala la presión de trabajo del Vol-U-meter.
- Tubos Visores. Son tubos visores de nivel cuya función es permitir conocer visualmente el nivel de un contenedor (recipiente). La lectura en estos equipos puede ser realizada por reflexión o por transparencia.
- Impulsor. Está conformado por dos compartimentos y un diafragma que al recibir presión en la parte inferior impulsa un vástago accionando la palanca del contador.
- Contómetro. Conformado por una serie de engranajes, que al ser impulsado por una palanca cuenta en forma progresiva las veces que es desplazado el crudo.



- Válvulas motoras. Son válvulas activadas con señal neumática, las cuales se encuentran instaladas una a la entrada y otra a la salida del Vol-U-meter, para comandar la carga y descarga de líquido en el recipiente.



Figura 2.1: Componentes del Vol-u-meter.

### 2.1.1.2. Modo de operación del Vol-u-meter

Actualmente las instalaciones donde se encuentran los Vol-u-meter están al aire libre y por ende expuestas a la intemperie. Lo que hace que la boya mecánica tienda a malograrse con facilidad y por ende paralizar la producción en punto determinado del proceso, sin contar con los trabajos para reemplazarla. Este es el siguiente modo de operación del Vol-u-meter:

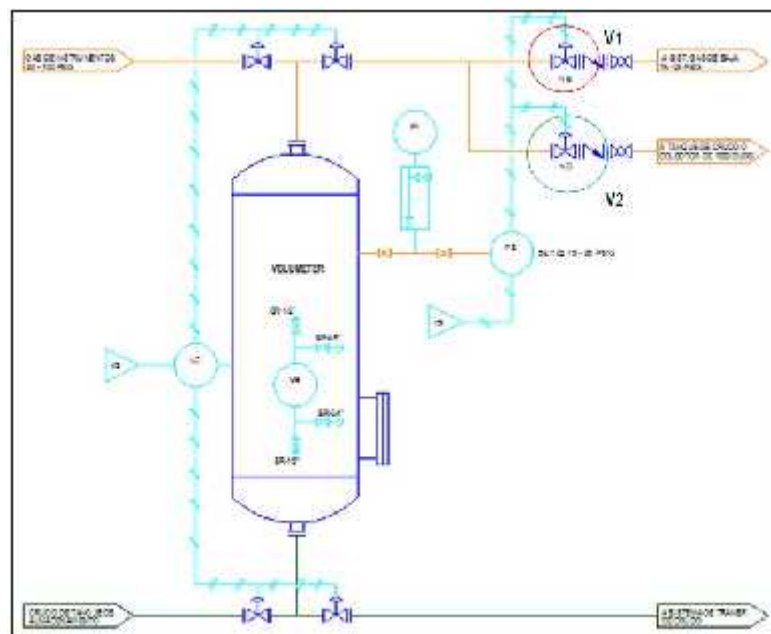


Figura 2.2 : Diagrama de Instrumentación y tuberías (P&ID)

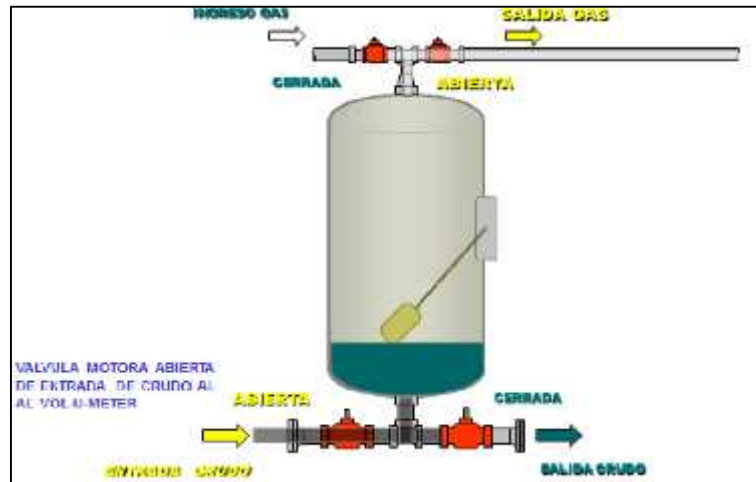


Figura 2.3 : Etapa Inicial de Llenado

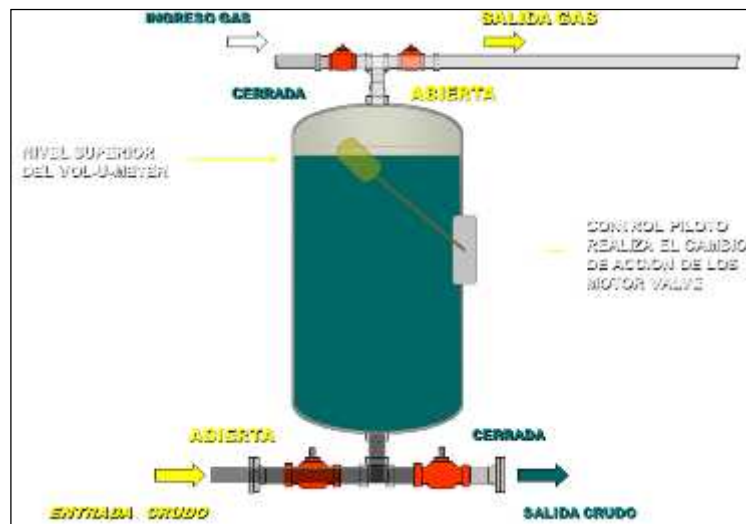


Figura 2.4: Etapa Final de Llenado

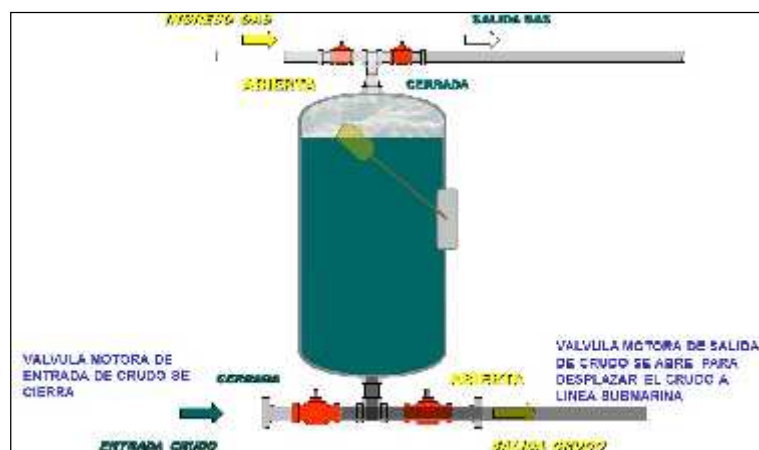


Figura 2.5 : Accionamiento de la Boya y válvulas Motoras

En el país no se fabrica, ni comercializa los elementos que hacen posible el funcionamiento del Vol-u-meter, la gran mayoría son fabricados en EEUU, ya que estos fueron ingresados al país por la empresa norteamericana International Petroleum Company en la década del 60.

Los Vol-u-meter fueron incluidos en el sistema de almacenamiento y bombeo de crudo, en la década del 60 por la empresa Estadounidense IPC (International Petroleum Company) y hasta el día de hoy se sigue usando este sistema mecánico, como se aprecia en la figura 2.6



Figura 2.6 : Vol-u-meter en la actualidad

### **2.1.2. Automatización.**

Es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana (Cotilla, 2008).

Para la automatización de procesos, se desarrollaron máquinas operadas con Controles Programables (PLC) de gran ampliación en industrias como la textil y de la alimentación. Donde la calidad en los productos se logra mediante la exactitud de las máquinas automatizadas y por la eliminación de los errores propios del ser humano, lo que a su vez repercute grandes ahorros de tiempo y material al eliminarse la producción de piezas defectuosas. (Rojas, 2011)

En todo automatismo siempre es conveniente contar con la posibilidad de elegir entre un comando manual por pulsadores, y un comando automático que nos indique el tipo de control a realizar sea nivel y/u otras variables.

La automatización está conformada por una parte operativa y de mando, la parte operativa actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores y captadores, dentro de los accionadores tenemos: motores, cilindros, compresores, válvulas, bombas y dentro los captadores: los fotodiodos, fotoceldas, finales de carrera, etc.

La parte de mando puede ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.

### **2.1.3. Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización**

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero técnico. El marco metodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar:

- Automatización
- Supervisión
- Interacción
- Implementación
- Pruebas

En el caso de llevar a la práctica un proyecto de automatización, es necesario seguir las fases de la metodología presentada, así como indicar el tipo de operario o grupo de ellos encargados de llevar a cabo las fases por separado o el conjunto de ellas. La figura 2.7 ilustra la secuencia ordenada de fases. Es decir, si la metodología quiere llevarse a la práctica hay que seguir paso a paso el método de forma secuencial. Cabe destacar el rol del operario en este esquema. El operario lleva a cabo cada una de las fases; hace la transición entre una fase y la siguiente, y, finalmente, se encarga de proceder a una iteración para rehacer el primer ciclo para introducir mejoras. Las fases que aparecen en el marco metodológico no son conceptos puntuales; cada uno de ellas puede tratarse en profundidad.

A continuación, se presenta tan sólo un breve resumen de cada una de las fases, ya que lo que se quiere constatar es la relación entre las fases y los aspectos dinámicos intrínsecos de cada fase.

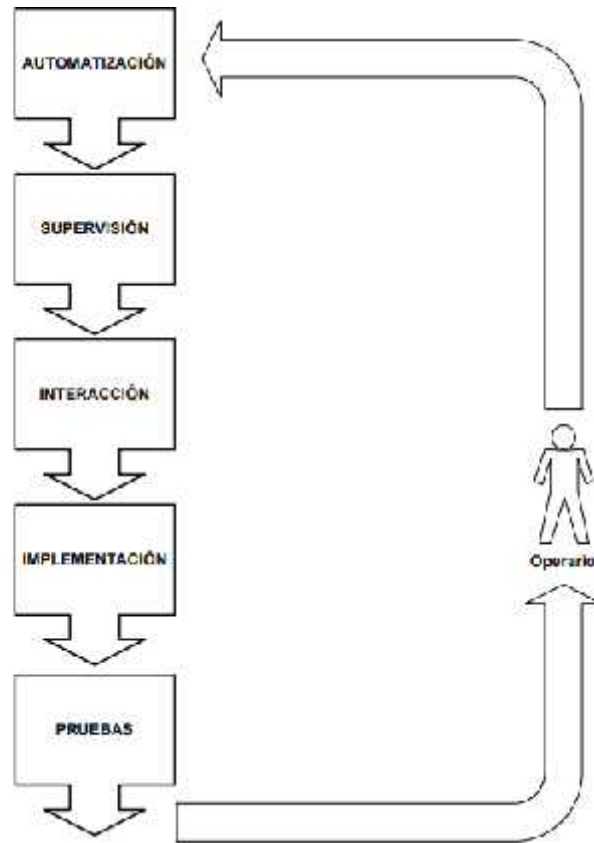


Figura 2.7 : Fases del Proceso de Automatización.

- Automatización: En esta fase elemental hay que desarrollar los pasos siguientes relacionados con el GRAFCET y la puesta en marcha de automatismos:

- ✓ Observación del proceso a controlar y generación del GRAFCET de primer nivel en su descripción funcional.
- ✓ Selección del automatismo (autómata programable, regulador digital autónomo).
- ✓ Selección y cableado físico de sensores y actuadores, con las secciones de entradas y salidas del automatismo.
- ✓ Generación del GRAFCET de segundo nivel en su descripción tecnológica.

En estas líneas, la fase de automatización coincide con todas las propuestas que hacen las referencias bibliográficas básicas de automatización y autómatas programables. En la fase de automatización aparecen diversas tecnologías, entre ellas la sensórica y la neumática, supeditadas a su conexión física con el automatismo (autómata programable, por ejemplo).

La representación del control secuencial sobre el proceso se representa mediante GRAFCET. A partir de estas líneas, el GRAFCET generado pasa a denominarse GRAFCET de producción, en asociación con el módulo de producción.

Una vez la fase de automatización ya está consolidada, hay que establecer la fase de supervisión.

- Supervisión A continuación, en esta segunda fase, hay que desarrollar los pasos siguientes:
  - ✓ Hay que reunir el máximo de especificaciones a priori sobre los estados posibles en las que se puede encontrar una máquina o un proceso, según la experiencia del agente encargado de la automatización o según las peticiones del cliente.
  - ✓ Hay que definir los módulos a utilizar según la complejidad del problema (seguridad, modos de marcha, producción) y representar gráficamente el caso de estudio mediante los estados y las transiciones de la guía GEMMA.

- ✓ Para cada módulo, hay que generar un GRAFCET parcial. Cabe destacar que en el caso de producción, el GRAFCET de producción ya se ha generado en la fase de automatización, de manera que lo que hay que establecer aquí es la relación con el resto de módulos. En el caso del módulo de modos de marcha el GRAFCET de conducción promueve la activación y desactivación del módulo de producción, que normalmente presenta un desarrollo secuencial cíclico. Finalmente, mediante el módulo de seguridad, el GRAFCET de seguridad pertinente vigila los dos módulos anteriores ante la posible aparición de fallos o situaciones de emergencia en el sistema automatizado.
- ✓ Los GRAFCET parciales se integran de forma modular y estructurada en un solo GRAFCET general que contemple todos los módulos enunciados en función de la complejidad del problema, mediante las reglas de forzado y las reglas de evolución.
- ✓ El operario procede a la supervisión cuando está vigilando la evolución del proceso controlado automáticamente, y está atento a la presencia de posibles imprevistos que merezcan activar el módulo de seguridad e intervenir directamente en el mismo.

Una vez la fase de supervisión ya está consolidada, hay que establecer la fase de interacción.

- **Interacción** En la interacción entre la supervisión humana llevada a cabo por el operario y el proceso controlado por parte del automatismo, hay que concretar la intervención del operario mediante el diseño del panel de mando en función de las acciones físicas sobre dispositivos y la recepción de señales informativas visuales o acústicas.

Los dispositivos concretos a utilizar dependen de los módulos definidos en la fase denominada supervisión. En cualquier caso, presentamos una disposición básica de dispositivos en el panel de la figura 2.8; para el diseño del panel de mando se utilizan conceptos que aparecen en la normativa de seguridad en máquinas, así como especificaciones ergonómicas y el conjunto de situaciones a tratar mediante la guía GEMMA.

En automatización industrial, existe una gran diversidad de dispositivos, que se engloban en lo que se conoce como interfaz persona-máquina (HMI human-machine interface) de manera que aquí no se pretende abordar el tema en detalladamente sino tan sólo ofrecer un panel de mando apto para su uso con la guía GEMMA. La comprensión de la fase de interacción es vital para que el usuario pueda clasificar las diversas situaciones que se dan en el sistema automatizado y procesar la información e intervenir con coherencia.

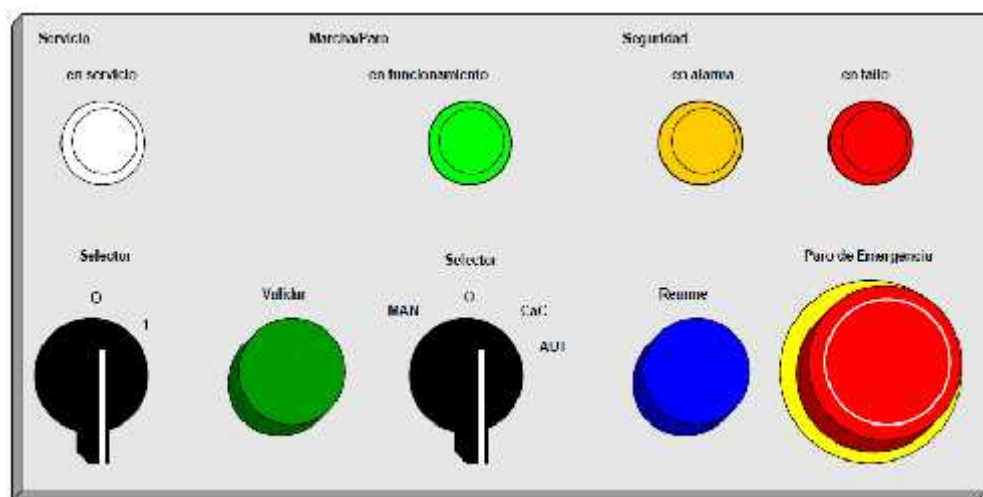


Figura 2.8: Panel de mando básico para llevar a cabo la intervención del operario.

Este panel puede situarse físicamente en una zona cercana a los controladores y a la planta y/o máquina. Si es necesario, también puede complementarse con paneles auxiliares de



accionamiento individual de actuadores, aunque para su utilización en sistemas electroneumáticos, por ejemplo, podemos acceder a los actuadores directamente sobre las electroválvulas que dispongan de accionamiento manual.

- Implementación Sin duda, ésta es la parte más práctica del método y escapa a las pretensiones de este libro. Son sus pasos más significativos:
  - Selección del lenguaje de programación del automatismo.
  - Traducción de GRAFCET a lenguaje de programación.

Esta fase requiere las habilidades prácticas del operario en la programación de automatismos. Respecto a la traducción de GRAFCET a lenguaje de programación de autómatas –como, por ejemplo, el esquema de contactos-, algunos usuarios utilizan el GRAFCET de tercer nivel en su descripción operativa. Otros usuarios prefieren pasar directamente el GRAFCET de segundo nivel, en su descripción tecnológica, al formato de esquema de contactos. Existe otra posibilidad, que es la formulación de las etapas y transiciones del GRAFCET en la forma de biestables S/R (S set, R reset). Cabe destacar que el usuario debe respetar las singularidades observadas, ya que cada casa comercial genera su lenguaje de programación conforme a unas normas propias de diseño, de manera que lo único que queremos recalcar aquí de forma genérica es que la representación formal de la guía GEMMA ha de implementarse adecuadamente en el autómata programable correspondiente.

Una vez la fase de implementación está consolidada, hay que establecer la fase de pruebas.

- Pruebas Una vez implementado el algoritmo general sobre el automatismo, el operario puede verificar dicho algoritmo por partes; vigilar la evolución del proceso o interactuar con el proceso controlado mediante el panel de mando, e incluso puede emular situaciones de emergencia para analizar cómo responde el sistema automatizado ante la implantación de la guía GEMMA. Frente a situaciones problemáticas, el operario puede depurar los algoritmos parciales, o añadir más estados que inicialmente no se habían tomado en consideración y rehacer el algoritmo general. Evidentemente, para afrontar problemas complejos se recomienda dividir el problema en módulos funcionales básicos, y así poder rehacer el algoritmo de forma metódica sólo en las partes a rehacer. Conviene tener muy clara la identificación del aspecto a resolver y clasificar, si es posible, a qué fase corresponde. La comprensión del método genérico que se acaba de exponer pasa por la amplia experiencia en el sector industrial de la automatización y claramente por la puesta en práctica de las ideas aquí expuestas.

Centrando el tema de nuevo en la guía GEMMA, es conveniente no perder de vista las fases de supervisión e interacción, ya que en este libro se considera que la fase de automatización ya está realizada previamente, mientras que las fases de implementación y pruebas pertenecen al dominio práctico del puesto de trabajo.

Así, el operario encargado de llevar a cabo la puesta a punto de la guía GEMMA tiene una tarea interna más restrictiva. Si hace frente a un problema complejo, lo dividirá y afrontará de forma modular, y de forma iterativa irá completando el análisis hasta obtener una guía adaptada al problema en cuestión.

El operario vigila el proceso controlado y puede decidir intervenir en el momento oportuno mediante la actividad sobre el panel de mando; la tarea del operario se complementa con su acceso al proceso para resolver in situ problemas de la producción.

#### **2.1.4. Telemetría.**

Se conoce como telemetría al sistema que permite la monitorización, medición y/o rastreo de magnitudes físicas o químicas a través de datos que son transferidos a una central de control.

El sistema de telemetría se realiza normalmente mediante comunicación inalámbrica pero también se puede realizar a través de otros medios como: teléfono, redes de ordenadores, enlace

de fibra óptica, entre otros. La telemetría es usada en áreas muy diversas que va desde el automovilismo, aviación, astrología, pasando por la agricultura, industria de petróleo, medicina y hasta biología.

La telemetría tiene como objetivo permitir la medición de magnitudes físicas o químicas, conocer los estados de los procesos y sistema, así como controlar de manera remota el funcionamiento, corregir los errores y enviar la información recabada hacia un sistema de información para su uso y provecho.

El sistema de telemetría funciona por medio de un transductor como dispositivo de entrada, un medio de transmisor en forma de líneas de cable u ondas de radio, procesamiento de señales, dispositivo de grabación o visualización de datos. El transductor tiene como principal función convertir la magnitud física o química como: la temperatura, presión, vibraciones, voltaje, en una señal eléctrica, que es transmitida a distancia a efecto de ser registrada y medida.

La telemetría permite supervisar los niveles de líquidos en ríos, contenedores, depósitos, entre otros, permite medir los parámetros de fluidos como temperatura, presión, caudales, y el monitoreo del medio ambiente como la propiedad del viento, agua, aire, y detectar gases peligrosos para el mismo. Del mismo modo, prevé cuando pueda ocurrir un desastre natural como tsunami, a través de telemetría por radio, que mide el comportamiento de ondas y tamaños.

Etimológicamente, la palabra telemetría es de origen griego “tele” que significa “distancia” y “metría” que expresa “medida”.

En la figura 2.9 se muestra un esquema de funcionamiento de la telemetría:



Figura 2.9 Esquema del funcionamiento de Telemetría

### Beneficios y ventajas de la Telemetría

Los sensores en procesos o equipos permiten recopilar y generar constantemente datos, que analizados óptimamente, permiten automatizar procesos en la gestión del negocio como tomar decisiones basadas en situaciones y comportamientos reales para aumentar su rentabilidad.

Algunas ventajas son:

- Tener información en tiempo real
- Tomar buenas decisiones basadas en mediciones y analítica
- Conocer a tiempo los eventos y alarmas de procesos y activos
- Eficiencia operacional
- Mayor productividad
- Mejor rentabilidad

## 2.2.GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

1. **Automatización:** Según la real academia española (2018), se denomina automatización al acto y la consecuencia de automatizar, este verbo, por su parte, alude a hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas, es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un individuo. Por su parte, (Gutiérrez, et al 1994), indica que el concepto de automatización (del griego autos que significa “por sí mismo” y maiomai que significa “lanzar”) corresponde a la necesidad de minimizar la intervención humana en los procesos de gobierno directo en la producción, ahorrar esfuerzo laboral.
2. **Volumen:** Según la real academia española 2018, se denomina volumen a la magnitud física que expresa la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y alto. Su unidad en el Sistema Internacional es el metro cúbico (m<sup>3</sup>).
3. **Presión:** Julián Pérez Porto y Ana Gardey 2011 indican que es una magnitud física que permite expresar la fuerza que un cuerpo ejerce sobre la unidad de superficie. En el Sistema Internacional, dicha magnitud se mide en una unidad que se conoce como pascal (Pa), que equivale a la fuerza total de un newton sobre un metro cuadrado.
4. **PLC:** Controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller) o por autómatas programables, es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para controlar procesos electromecánicos.
5. **Radio Enlace:** Conexión entre diferentes equipos de telecomunicaciones usando ondas electromagnéticas. Se conoce como Enlace Estudio Transmisor o por sus siglas inglesas STL, Studio Transmitter Link. Consta de un pequeño transmisor de radio (TX) que envía la señal desde los estudios a un receptor (RX) que se encuentra en la planta, ambos con sus respectivas antenas.
6. **Iteración:** Repetir varias veces un proceso con la intención de alcanzar una meta deseada, objetivo o resultado. Cada repetición del proceso también se le denomina una "iteración", y los resultados de una iteración se utilizan como punto de partida para la siguiente iteración.
7. **Batch:** Proceso batch o por lotes, en este proceso la alimentación es cargada al comienzo de la operación en un recipiente y luego de un cierto tiempo el contenido del recipiente es removido o descargado.
8. **HMI: Interfaz** de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".
9. **PoE:** La alimentación a través de Ethernet (Power over Ethernet, PoE) es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar. Permite que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red (switch, punto de acceso, router, teléfono o cámara IP, etc) usando el mismo cable que se utiliza para la conexión de red. Elimina la necesidad de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones del dispositivo alimentado y permite una aplicación más sencilla de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) para garantizar un funcionamiento las 24 horas del día, 7 días a la semana.
10. **VOL-U-METER:** Equipo poco preciso para medir líquidos mediante la acumulación cíclica, aislamiento y la descarga de volúmenes iguales.” (Oil Metering and processing equipment corp., Julio 2002)

- 11. Señal Digital:** Señal cuyos signos representan ciertos valores discretos que contienen información codificada. Los sistemas que emplean señales digitales suelen apelar a la lógica binaria, de dos estados, los cuales son reemplazados por unos y ceros, que indican el estado alto o bajo del nivel de tensión eléctrica.
- 12. Totalizar:** Determinar el total que forman varias cantidades.

### **2.3.MARCO REFERENCIAL.**

La provincia de Talara se ubica en la parte noroccidental del departamento de Piura, es una de las provincias con mayor producción petrolera del país, en la década del 60 del siglo XX, llegó a producir más del 90% del petróleo peruano.

La exploración, Perforación y Explotación son actividades económicas que generan ingresos a la mayoría de familias en esta zona del país. Esta no es una actividad que solo se realiza en Perú, esta se realiza en otros países como Ecuador, Venezuela, México, Estados Unidos, etc. en dichos lugares los sistemas de almacenamiento y transporte cuentan con tecnología de punta que mejora el proceso de producción y la automatización de equipos brinda una oportunidad de bajar los costos operativos, desfasando así a los sistemas mecánicos, los cuales son obsoletos en la actualidad.

Lo ideal sería diseñar un sistema electro neumático de nivel para el llenado y descarga de crudo en el Vol-u-meter y poder controlar las iteraciones por medio de un PLC, transmitir desde las baterías de almacenamiento y bombeo, los datos de producción diaria de los pozos hasta una estación central y poder visualizar los registros a través de un PLC, en una Pantalla HMI (Interfaz Hombre maquina) y una PC. La razón de automatizar es favorecer a la disminución de costos operativos y de mantenimiento de estos equipos que tienen en la actualidad un control mecánico. Hasta el momento no existe ninguna empresa dentro de la región Piura que brinde el servicio de automatización de estos equipos, así como ningún estudio de diseño.

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

Para nuestro proyecto de investigación hemos considerado un diseño de investigación No Experimental - Transeccional -Descriptivo, ya que este diseño nos permite indagar sobre la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población, son estudios puramente descriptivos.

La fórmula correspondiente a nuestro diseño es:

G-X
-----

#### **G (Sujetos de Investigación)**

- VOL-U-METER

#### **X (Tratamiento, estímulo)**

- Automatización del Vol-u-meter.

#### 3.2.SUJETO DE LA INVESTIGACION

La unidad medidora de volumen (Vol-u-meter) dentro de una batería de almacenamiento y bombeo de crudo en un lote petrolero.

### 3.3.IDENTIFICACIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
Propuesta de automatización de un VOL-U-METER para la producción diaria de un lote Petrolero.	“Idea que se propone a otros para que sea puesta en práctica si se considera acertada” ( <a href="https://es.thefreedictionary.com/propuesta">https://es.thefreedictionary.com/propuesta</a> , Setiembre 2018) de “hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas (es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un individuo)” ( <a href="https://definicion.de/automatizacion/">https://definicion.de/automatizacion/</a> , Setiembre 2018) de un “equipo poco preciso para medir líquidos mediante la acumulación cíclica, aislamiento y la descarga de volúmenes iguales.” (Oil Metering and processing equipment corp., Julio 2002) para “Sacar el total que forman varias cantidades” ( <a href="https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/totalizar.php">https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/totalizar.php</a> ) de “cualquier tipo de actividad destinada a la fabricación, elaboración u obtención de bienes y servicios.” ( <a href="https://definicion.mx/produccion/">https://definicion.mx/produccion/</a> ) de un “espacio dentro del cual se realizarán actividades de exploración/explotación de hidrocarburos; es decir, para encontrar y extraer petróleo y gas natural.” ( <a href="https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/52d199c3-55c1-46d2-b26e-922c3e09ee37/LIBROVERSIONFINAL.pdf?MOD=AJPERES">https://www.perupetro.com.pe/wps/wcm/connect/corporativo/52d199c3-55c1-46d2-b26e-922c3e09ee37/LIBROVERSIONFINAL.pdf?MOD=AJPERES</a> )	Se obtiene una unidad de medida estandarizada de crudo en la producción del pozo mediante la instalación de los Switch de nivel.	Volumen de crudo de un pozo /iteración	Razón
		Se obtiene mediante la sumatoria de los volúmenes obtenidos durante el día por cada vol-u-meter.	Producción de crudo en el lote /día	Razón
		Se obtiene mediante la datasheet (ficha de datos) de los equipos a utilizar.	Radio de alcance	Razón
		Basado en el código nacional eléctrico tomo 5, se tendrá en consideración el voltaje y corriente de todos los elementos, que nos permiten diseñar el tablero de control con protecciones eléctricas, electrónicas y autonomía de funcionamiento eléctrico UPS.	Potencia de operación de tablero eléctrico	Razón

Cuadro 3.1: Identificación y Operacionalización De Variables



### 3.4.MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

La investigación se realizará mediante el análisis y diseño de las partes y determinación de sus componentes, realizando un análisis estructural, neumático, eléctrico y electrónico. A continuación se presentan los pasos a seguir en la investigación:

#### 3.4.1. Identificación de los requerimientos del equipo, así como las funciones que debe realizar.

En la automatización del Vol-U-meter será necesario tener dos switch de nivel eléctrico que permita el envío de la señal para la conmutación de sistema dependiendo del estado (Llenado o descarga) en el que se encuentre el equipo, esto reemplazará al mecanismo de la boya mecánica que se cuenta en los Vol-U-meter con accionamiento neumático, adicional a esto será necesario un equipo que realice la función del piloto neumático el cual realizaba la permuta de estados de las válvulas para los cambios de estado respectivos.

Adicionalmente a esto se requiere un controlador electrónico para realizar la lógica y los cálculos necesarios para llevar los registros de iteraciones por cada Vol-U-meter y a su vez poder realizar los cierres de producción así como la variación de factores de los Vol-U-meter y lograr el objetivo trazado.

Para la interacción del operador con el control de los Vol-U-meter y la producción de la estación será necesaria la implementación de un HMI local en las estaciones, la cual permitirá ver estados de válvulas de control, Producción puntual, producción proyectada, Producción diaria, etc.

#### 3.4.2. Recopilación y clasificación de información sobre los tipos elementos de medición y control disponibles en el mercado apropiados para hidrocarburos

##### 3.4.2.1. Contraste De Vol-U-meter Con Tanque De Pruebas

Teniendo previamente instalados los sensores de nivel y la válvula solenoide en el prototipo del Vol-U-meter, se realizan las pruebas para encontrar el volumen exacto por iteración del mismo, el procedimiento para obtener este valor es poner nuestro contador de iteraciones de Vol-U-meter en cero y tomando el nivel del tanque de pruebas de forma manual y/o digital para tener un valor de referencia, luego de esto se coloca un pozo de producción de crudo en el prototipo y se deja actuar esperando aproximadamente 12 horas ya que mientras más iteraciones tenga el Vol-U-meter más exacto será el valor de volumen por iteración que se obtendrá, esto se registra en un documento llamado “Resultado de factores volumétricos y caudalímetros según programa mensual” (Anexo 2).

Un dato adicional necesario es tener el factor del tanque el cual normalmente está en unidades de volumen por pulgada (BBL/in), este factor de tanque es realizado por una empresa certificada para la cubicación de recipientes según norma.

Una vez pasado el tiempo establecido se registra el número de iteraciones realizadas por el control del Vol-U-meter y la medida del nivel de tanque de pruebas (Manual y/o digital) y realizando una operación simple la cual usa los siguientes datos:

- Fvol= Factor de Vol-U-Meter
- Ni=Numero de iteraciones.
- Df=Diferencial de nivel en el tanque= Nivel final – Nivel inicial (in)
- FTq=Factor de tanque (BBL/in)

$$Fvol = \frac{Df * FTq}{Ni} \left( \frac{BBL}{iteracion} \right)$$

Una vez obtenido este factor será usado para el cálculo de producción de un pozo petrolero por día y para su consecuente cierre de producción para lo cual lo único que debe realizarse es multiplicar el número de iteraciones realizadas en el día y el factor del Vol-U-meter ya encontrado, obteniendo la siguiente fórmula:

- Prod.Pz= Producción de pozo por día
  - Fvol= factor de Vol-U-meter
  - Ndia= número de iteraciones del Vol-U-meter en el día
- $$Prod.Pz = Fvol * Ndia(BBL)$$

### 3.4.2.2. Producción De Crudo De Lote /Día

Para lograr el cierre de producción del lote petrolero se deben tener en cuenta los siguientes datos:

- Hora de cierre de producción (para configurarla en la programación).
- Recoger producción diaria de Vol-U-meter de pruebas y totales de estación para totalizar.

Teniendo en cuenta que la única forma de obtener crudo para las estaciones es mediante la producción de los pozos, la forma más rápida de realizar un cierre de producción es sumando la producción diaria de cada pozo para lo cual la formula seria la sumatoria de los N Vol-U-meter instalados en las estaciones.

$$Prod.Lot = \sum_{1}^n Prod.Pz$$

Si se desea tener un contraste seria mediante el medidor de caudal instalado a la salida de la bomba de transferencia para lo cual se usarían los siguientes datos:

- Nivel inicio de jornada=h1(in)
- Nivel Hora de cierre= h2 (in)
- Factor de tanque =FTq (BBL/in)
- Totalizado al iniciar la jornada= Tot1(BBL)
- Totalizado a la hora de cierre = Tot 2 (BBL)

$$Prod.LotA = [(h2 - h1)FTq] + (Tot2 - Tot1)$$

Debiéndose obtener que:

$$Prod.Lot = Prod.LotA$$

### 3.4.3. Descripción detallada de todos los componentes (nombre, dimensiones, planos, dibujos, selección de instrumentos, hojas técnicas, análisis mecánico y neumático, eléctrico y electrónico, etc.)

#### 3.4.3.1. Switch de Nivel para Control.

Este Switch de nivel debe tener como principal propiedad poder ser operado en zonas de atmósferas explosivas y adicional a esto tener una densidad menor a la del hidrocarburo que va a sensor, teniendo como datos generales que en condiciones normales de presión y

temperatura su densidad esta entre 0,66 g/ml y 0,9785 g/ml esto debiéndose a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla, esto hace que el petróleo de cada pozo o fuente sea distinto de otro , por lo cual es necesario encontrar una boya con una densidad mucho menor a esta para que flote y pueda realizar un trabajo de forma correcta.

Los switch de nivel a usar en este proyecto son los MURPHY MLS-020 con protección IP66 según norma internacional CEI 60529 Degrees of Protection<sup>1</sup> utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico o electrónico, en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc. Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los contenedores que resguardan los componentes que constituyen el equipo, el cual además de hacer referencia a que en este equipo “el polvo no entra por ninguna circunstancia” y adicionalmente “No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m<sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros”, teniendo en cuenta además que en el documento 00-02-0730 con fecha de revisión 2017-09-05 Section 15 con título “MLS Series Liquid Level Switches Installation and Operations Manual” en la página 15 (Anexo 8) se especifica que la densidad del fluido con la que se puede operar es de 0.5g/ml la cual es mucho menor a las encontradas en los hidrocarburos, haciendo de este switch de nivel el adecuado para la automatización y control de los Vol-U-meter.

La conexión del switch de nivel alto que usará en adelante el tag LSH tiene una condición eléctrica normalmente abierto y la conexión del switch de nivel bajo que en adelante usara el tag LSL tendrá la condición de normalmente cerrado , para eso usaremos como información su esquema estándar.

### STD WIRING DIAGRAM

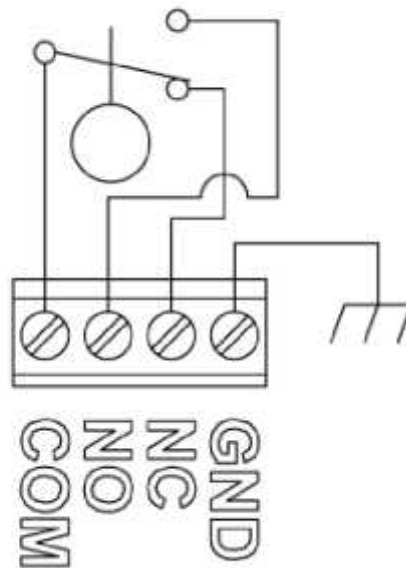


Figura 3.1 Diagrama Eléctrico de Switch de nivel

#### **3.4.3.2. Válvula Solenoide de 4 vías**

Esta solenoide debe estar diseñada para trabajar en atmósferas explosivas así como tener una baja presión de activación, siendo la principal razón que las presiones del sistema de gas en las estaciones tiene un rango de oscilación que va de 11 a 22 psi y normalmente el Supply neumático de estos equipos se toma del mismo sistema. Una característica adicional debe ser

un bajo consumo de corriente ya que dentro de nuestro diseño está considerada una fuente de alimentación de 24 VDC, además debe tener exactamente la misma función de la válvula de conmutación neumática de 3 vías ya que mientras por una salida de esta envía gas a la válvula para cerrar, la otra salida está enviando al aire las otras cámara de la válvula para aperturar.

Para realizar esta función se ha considerado una válvula solenoide marca ASCO modelo 8344G070 la cual tiene como consumo 24 VDC con 0.48 amperios de corriente de activación y trabaja desde los 10 PSI (detalle en datasheet Anexo 9) siendo de todas estas características la más importante contar con cuatro vías de las cuales dos se conectan para pase de gas y dos que se encargan de enviar gas al aire.

#### **3.4.3.3. Controlador Lógico Programable**

Como se comentó, la necesidad de integrar señales digitales y poder monitorear en línea hace necesario que las características principales del PLC sean tener entradas y salidas discretas y puerto de comunicación Ethernet para poder integrarlo en una red.

Una de las opciones más acertadas y económicas es la de usar un PLC de Allen Bradley Micrologix 1100 series B el cual cuenta con 8 entradas digitales y 4 salidas digitales adicionalmente a un puerto Ethernet configurable y un puerto nativo con protocolo DF1.

Esto permitirá crear una red local PLC – HMI para poder comunicar datos y enlazarlos a un HMI en un puerto remoto, Estos datos técnicos estarán plasmados en el Anexo 10 en el cual se presentara la datasheet del Controlador.

#### **3.4.3.4. Interfaz Hombre – Maquina**

Este componente es muy importante para poder integrar y visualizar los datos recogidos y calculados por el PLC, para esto ya que se decidió usar Ethernet para la transferencia de datos, este HMI requiere contar con este tipo de comunicación, para lo cual se hace necesario un puerto con conector RJ45.

La opción más idónea es usar un HMI modelo Panel View Plus 700 de la marca Allen Bradley, el cual adicionalmente cuenta con un puerto DB9 para comunicación serial y un puerto USB y embebido cuenta con Rslinx Enterprise y Kepserver para poder enlazar con protocolos de otros fabricantes.

Las características técnicas estarán detalladas en el Anexo 11 el cual mostrara los datos técnicos del HMI elegido.

#### **3.4.3.5. Antena y Radio enlace**

Para esta elección de componentes se requiere un equipo de fácil configuración y de gran alcance, así como de bajo costo en el mercado, para esto se decidió usar equipos de la marca Ubiquiti modelo NanoStation M2, los cuales son equipos con tecnología PoE la cual adicional a entregar la data también entrega alimentación eléctrica en voltaje continuo necesitando tender solo 1 cable.

Su radio de alcance con línea de vista es aproximadamente 15 Km y es resistente a la radiación solar asegurando un bajo desgaste y deterioro por efecto del calor y la luz.

Las características técnicas están detalladas en el Anexo 12.

### 3.4.4. Presupuesto de los costos de materiales del equipo.

MATERIALES PARA TABLERO Y INSTRUMENTOS					
ITEM	Ítem	Unidad	DESCRIPCIÓN	SEGÚN REVISIÓN	
				CANT	SUBTOTAL
	1	EA	tablero de polyester IP66 747 x536x300 referencia NSYFLM75	1	522.55
	2	EA	placa de montaje 650x450 para NSYPLM75 referencia NSYMM75	1	47.11
	3	EA	FUENTE TRIO-PS/1AC/24DC/10 PHOENIX CONTACT	1	304.29
	4	EA	PLC micrologix-1100 1763-16BBB	1	748.75
	5	EA	modulo de baterías 24V/77Ah referencia ABL8BPk24A07	1	406.86
	6	EA	llave termomagnética j60N de 6amp referencia A9F84206	1	44.46
	7	EA	riel DIN	1	8.92
	16	EA	borneras porta fusibles de 0.5am y 1am	10	11.76
	8	EA	borneras de control referencia AB1VVV235U	16	18.82
	9	EA	placa terminal para AB1VVV235U referencia AB1AC24	4	0.39
	10	EA	tope simetrico de 2.5mm2 referencia AB1AB8P35	6	0.64
	11	EA	canaletas ranuradas 40x40 color gris x 2.4mt	1	6.86
	12	EA	cable de control GPT numero 14AWG	1	34.31
	13	EA	valvulas electroneumaticas 5/2vias	2	437.50
	14	EA	nivel de control inox tipo boyas	2	837.50
	15	EA	valvula electroneumatica 3/2 asco	1	200.00
	16	EA	Transmisor de presion de 0-300psi - 4-20mA	1	758.25
		Glb	Armado de Tablero		
SUB-TOTAL [US\$]					5,668.35
				IGV 18%	1020.30
				TOTAL	\$ 6,688.66

Cuadro 3.2: Presupuesto para Tablero e Instrumentos

### 3.5.TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

INDICADORES	UNIDAD DE ANALISIS	TECNICA	INSTRUMENTO
Volumen de crudo de un pozo / iteración	VOL-U-METER	Observación	Registro de datos (Anexo 2)
Producción de crudo en el lote / día	VOL-U-METER	Observación	Registro de datos
Radio de alcance	Antena	Análisis Documental	Ficha de Radio (Anexo 8)
Costo de implementación	VOL-U-METER	Análisis Documental	Presupuesto de Materiales e Instrumentos

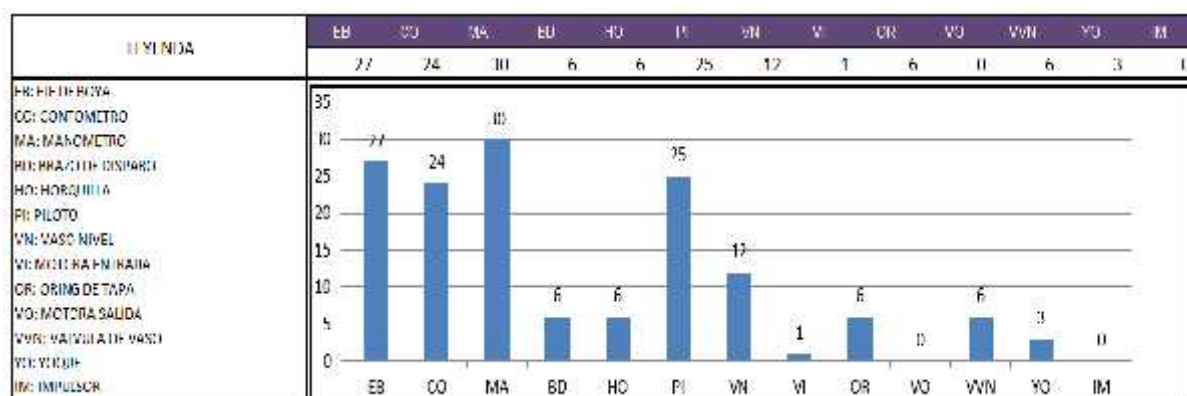
Cuadro 3.3: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

## IV. DESARROLLO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### Diagnóstico de Funciones del Vol-u-meter

Nuestro principal objetivo es desarrollar una propuesta de automatización de un Vol-u-meter para totalizar la producción diaria de un lote petrolero, para ello es necesario realizar un análisis del estado y condición de los Vol-u-meter Neumáticos y de esta manera precisar con más detalle nuestra realidad problemática, después de realizar este análisis se encontró lo siguiente:

- Se observa que la mayor incidencia de fallas detectadas son: Manómetro (46 %), fugas por eje de boya (43%), piloto neumático (40%), contómetro mecánico (38%), y horquilla (11%), por lo cual es necesario corregir las observaciones detectadas para garantizar un funcionamiento óptimo de estos equipos.
- Las fallas encontradas en su gran mayoría en los vol-u-meter mecánicos se debe a la falta de material (no hay en stock) como se puede visualizar en la figura 4.1



Cuadro 4.1 : Resumen De Material A Solicitar En Vol-u-meter Mecánico

Conociendo que una de las principales funciones del Vol-u-meter además de totalizar la producción diaria de un pozo es también conocer el potencial de los mismos que consiste en proyectar la producción en un intervalo de tiempo a 24 horas, las fallas encontradas en este análisis dificultan e imposibilitan el desarrollo de esta función, por lo cual se diseñó una mejora en el proceso de totalizado que se describe en el desarrollo de los siguientes objetivos específicos.

#### 4.1. Obtención de una unidad de medida estandarizada de crudo, en el Vol-U-Meter a través de la instalación de level Switch

Después de realizar el análisis de fallas y diagnóstico de los Vol-u-meter mecánicos, se pudo observar que la segunda causa de falla registrada es el eje de boya ya que este es un elemento móvil y tiende a desgaste por rozamiento, requiriendo evaluar y elegir Level Swich que nos permiten medir el nivel y que son de tipo invasivo pues están en contacto directo con el fluido, Conociendo que las medidas volumétricas de los Vol-U-Meter de 1 barril son estándar se procedió a tomar registro de los factores y las carreras de estos sistemas de medición volumétricas, mediante la cual se obtuvo un promedio de 22 pulgadas por un factor de 1.02 barriles, se registró alguna variación en las medidas pero esto también depende de la reducción de la capacidad volumétrica por la impregnación de crudo sólido en las paredes del alojamiento del Vol-U-Meter.

Del PI&D del Vol-U-Meter de la figura 4.1 , anexo 13 , podemos conocer la forma de operación del mismo el cual muestra valores mínimos de operación, la cual es clave para poder realizar la automatización del control por PLC.

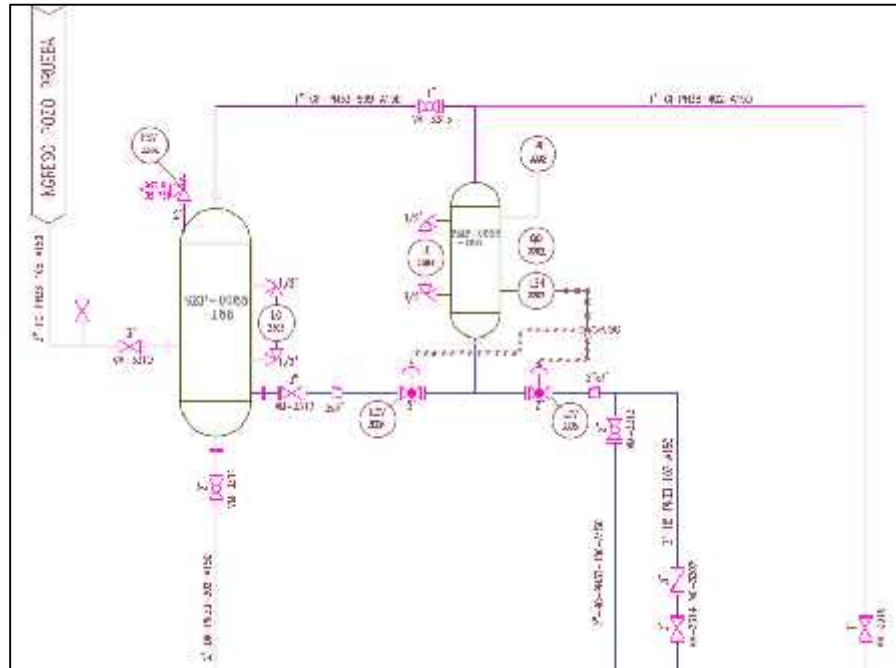


Figura 4.1: Esquema de Control Neumático  
Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1. Discusión de Resultados

Considerando que nuestro objetivo principal es el de Automatizar el Vol-U-Meter para totalizar la producción de un Lote petrolero, se toma en cuenta la función principal de un Vol-U-Meter neumático la cual es transferir en forma de Batch y secuenciada el volumen de 1 barril de crudo, sin interferencias en el proceso y sin variaciones entre ciclos según la bibliografía Oil Metering and Processing Equipment Corp. Julio 2002, y de acuerdo a los resultados obtenidos en el apartado anterior hemos podido corroborar que la instalación de dos switch de nivel y una solenoide de 4 vías realizan la misma función que el mecanismo instalado en el modelo neumático, sin embargo con las mejoras en el diseño se logra reducir los mecanismos de falla del equipo ya que solo se cuentan con cuatro componentes principales del diseño los cuales son Switch de Nivel Bajo (LSL) , Switch de Nivel Alto (LSH) , Válvula Solenoide (LY) y el PLC de control.

#### 4.2. Control de los desplazamientos de crudo dentro del Vol-u-meter, a través de la utilización de un control lógico programable (PLC).

Una vez definida la ubicación de los sensores en el Vol-U-Meter se procede a diseñar la lógica de control, la cual está definida por dos entradas digitales y una salida tipo relé. Lo primero que se realiza es el diagrama P&ID para poder identificar los sensores y actuadores que van a intervenir en el proceso, el cual se muestra en la figura 4.2, anexo 14.



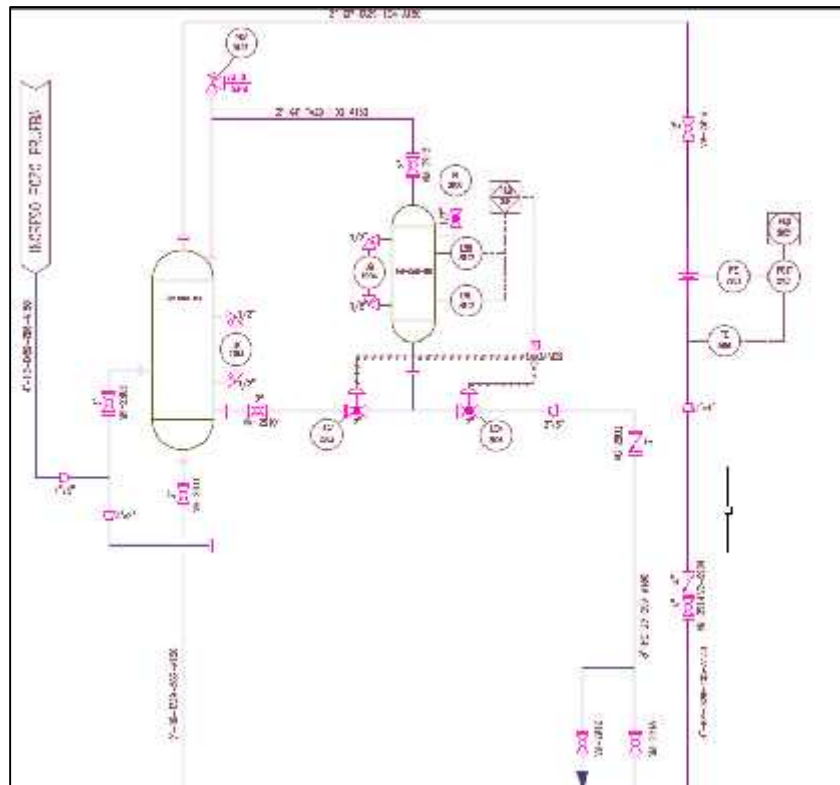


Figura 4.2 Esquema de Control Electrónico  
Fuente : Elaboración Propia

Usando la información anterior del P&ID se define la conexión física dentro del módulo de entradas digitales, para lo cual se usará el canal 0 para el LSL y el canal 1 para el LSH para nuestro primer Vol-U-Meter y así consecutivamente para los demás Vol-U-Meter, esto debe hacerse de modo ordenado y secuencial para no tener problemas al momento de designar las entradas en las subrutinas de control.

Para estos Level switch de control se eligieron de la marca Murphy modelo MS-020, los cuales trabajan con corriente continua y voltaje de 24 VDC, para lo cual se acondiciona el tablero eléctrico.

Quedando de la siguiente forma:

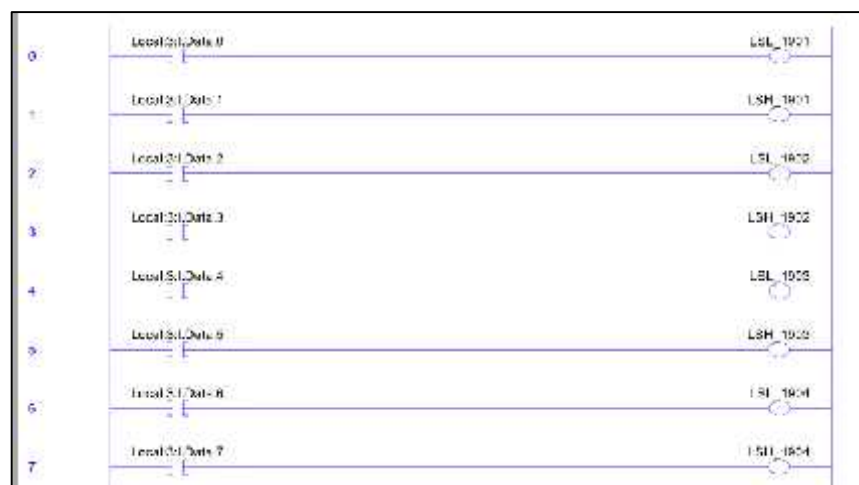


Figura 4.3: Entradas de level switch

Para la salida tipo relé del control del volumeter VOL\_1901, la cual tiene el control de la válvula solenoide marca ASCO modelo 8344G070, se ha definido como output 0. De esta misma forma y en forma secuencial se asignan los canales de salidas digitales para los Vol-U-Meter 1902, 1903 y 1904

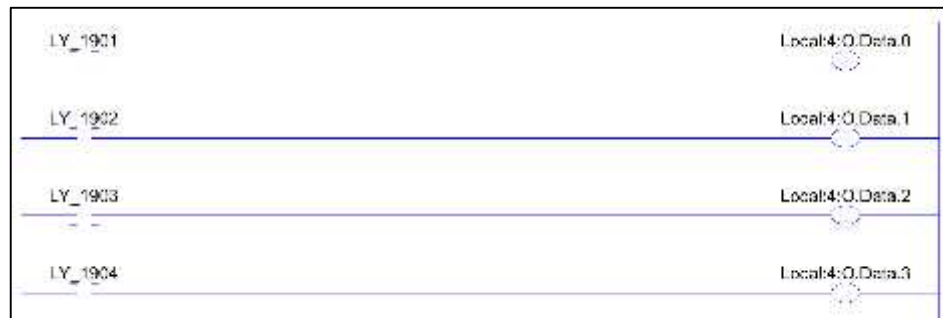


Figura 4.4: Salidas de válvula solenoide

Se requiere crear una lógica de control para automatizar las acciones realizadas por el PLC dependiendo del estado de los sensores, debiendo esta repetirse por cada Vol-U-Meter automatizado, para esto se crea una subrutina llamada en la lógica de control de Rockwell Automation como ADDON, la cual tiene la particularidad que una vez creada la rutina interna solo se varían las entradas y salidas asignadas y queda acondicionada para otro Vol-U-Meter.

Las Variables que se deben asignar como datos de entrada para nuestro ADDON VOL\_1901 son las siguientes:

LSL = LSL\_1901.  
 LSH = LSH\_1901.  
 TIME\_BIT = VOL\_1901.TIME\_BIT.  
 RES\_MAN = RESET\_VOL\_1901 (Bit activado en Panel HMI).  
 FACTOR = FACTOR\_1901 (Ingresado por Programación).

Y las Variables que se deben asignar como datos de salida para nuestro ADDON VOL\_1901 son las siguientes:

SDV = LY\_1901  
 VOLUMEN = CONTADOR\_1901  
 VOL\_HOY = PROD\_PUNT\_1901  
 VOL\_AYER = PROD\_CIERRE\_1901

Toda esta información es indispensable para poder generar en lenguaje Ladder el control del Vol-U-Meter el cual espera la señal del LSH y una vez activada la salida SDV esta se enclava esperando la desactivación del LSL para realizar el cambio de estado de descarga a llenado de Vol-U-Meter, quedando programado en el PLC de esta forma:

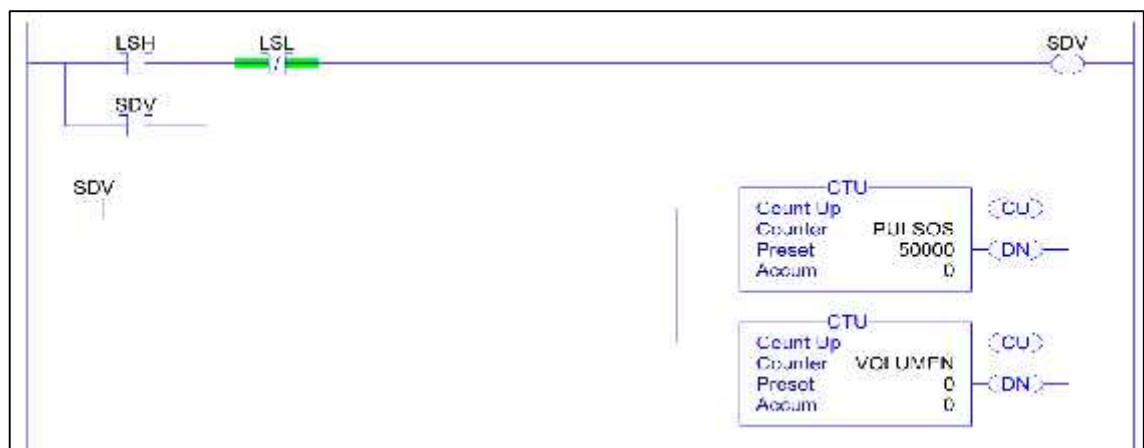


Figura 4.5 :Cambio de estado de descarga a llenado

#### 4.2.1. Discusión de Resultados

Considerando lo descrito en la bibliografía Oil Metering and Processing Equipment Corp. Julio 2002, el cual hace referencia a las ventajas de instalar un sistema tipo Vol-u-meter siendo la principal el control para la transferencia de crudo tipo batch, se logró realizar el mismo proceso utilizando sistemas electrónicos del tipo PLC y actuadores neumáticos tipo valvula On/Off e implementando una lógica de control, en el cual se diferencian dos estados definidos del sistema las cuales son : Etapa de llenado y Etapa de descarga pero con menos costo y mayor fiabilidad ante fallas

#### 4.3. Cuantificación y almacenamiento en el PLC de las iteraciones de los desplazamientos de crudo provenientes de la producción de pozo petrolero.

Al contar con la lógica de control básica del Vol-U-Meter se procede a adicionar los cálculos para poder llevar el registro del volumen producido por el pozo, para lo cual se utilizan las formulas registradas en el apartado 3.3.2 del presente documento.

Utilizando el valor acumulado del contador VOLUMEN de la programación como registro del número de iteraciones y multiplicándolo por el factor del Vol-U-Meter se logra obtener el volumen puntual producido en el día PROD\_PUNT\_1901.

Habiendo obtenido el valor del Volumen Puntual Producido PROD\_PUNT\_1901 por el pozo podemos calcular una proyección de cuánto será lo que dicho pozo va a producir en el día, esto se hará con una regla de tres simple, y será almacenado con el tag PROY\_1901 la cual se puede visualizar en la figura 4.6

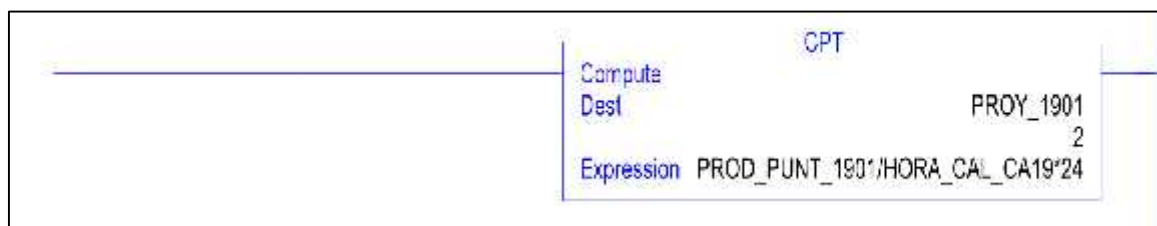


Figura 4.6 : Proyección de producción por día de un pozo

En adición se requiere saber el Volumen obtenido a la hora de cierre de producción, para lo cual se genera una comparación entre la hora puntual del PLC y la hora de cierre configurada, cuando ambas son iguales un bit llamado TIME.BIT se activa y realiza la captura del Volumen de cierre de producción del pozo VOL\_AYER y el valor de volumen de producción puntual se vuelve a cero para registrar el nuevo volumen producido por el pozo en el día en curso, la lógica de programación de esta sección quedara de la siguiente forma.

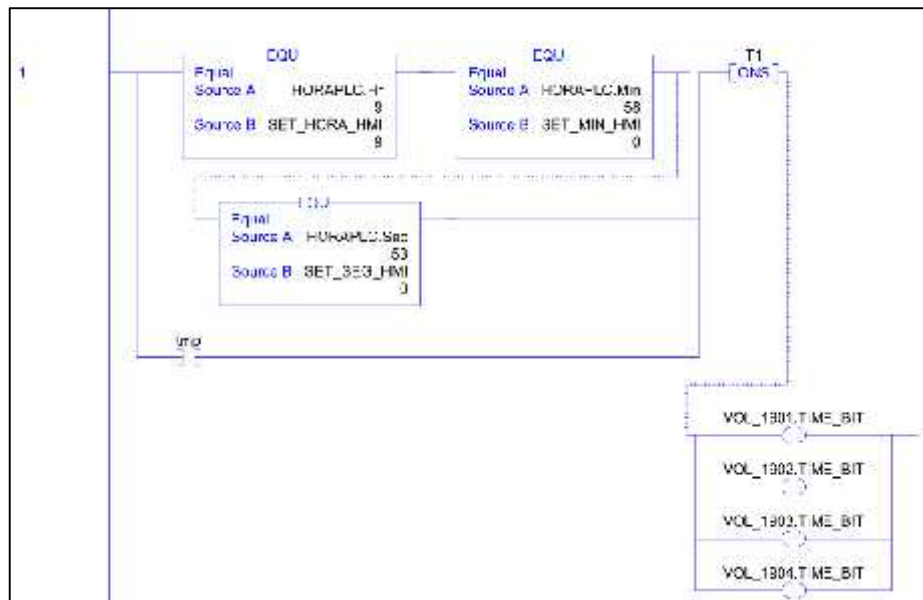


Figura 4.7 : Captura del volumen producido

En la figura 4.8 se puede visualizar la programación en lenguaje ladder de los cálculos realizados para el Volumen Puntual Producido y Volumen de Cierre de Producción.

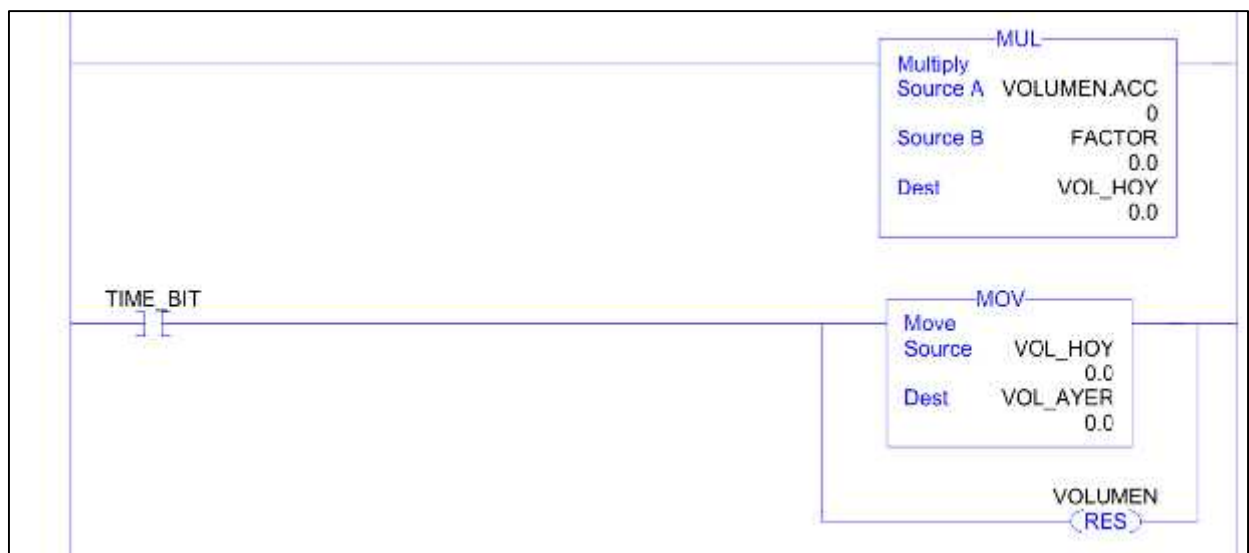


Figura 4.8: Volumen puntual producido y cierre de producción

#### 4.3.1. Discusión de Resultados

Teniendo en cuenta que en el modelo neumático el encargado de llevar el conteo de iteraciones es un contómetro mecánico marca Durand , el cual está expuesto a fallas por desgaste mecánico adicional ya que su sistema de activación es un mecanismo llamado impulsor , también accionado neumáticamente , lo cual hace que este tipo de registro de conteos sea propenso a fallas , sin embargo con el diseño de automatización planteado en el cual se usa un algoritmo programado en el PLC que recibe la señal del Sensor de Nivel

Alto el cual es usado para registrar el número de iteraciones realizadas por volu-meter.

#### 4.4. **Transferencia de datos de la producción de pozos petroleros desde las baterías de almacenamiento y bombeo hasta una estación central a través de radio enlace.**

Una vez obtenidos los cálculos de producción por cada Vol-U-Meter estos deben ser monitoreados y almacenados en una estación central, para lo cual se utilizará comunicación mediante radio enlace.

Para lograr este objetivo es necesario conocer el relieve y la distancia a la que se encontraran la batería y la estación central, usaremos una aplicación en línea llamada GOOGLE EARTH, en la cual se ubican los puntos a enlazar y el software se encarga de mostrar el relieve del terreno así como la distancia entre ellos.

Un paso muy importante es usar una técnica de asignación de direcciones IP la cual es denominada “Plan IP”, la que no es otra cosa que designar direcciones IP de forma ordenada y por ubicaciones para poder tener un control y una fácil localización de cualquier dispositivo en la red, para nuestra aplicación será la siguiente:

ITEM	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN	IP (192.168.1.XXX)
1	PC O LAPTOP	ESTACIÓN	DEL 1 AL 5
2	DISPOSITIVOS DE CONTROL Y HMI	ESTACIÓN	DEL 11 AL 15
3	SWITCH	ESTACIÓN	DEL 21 AL 25
4	IMPRESORAS	ESTACIÓN	DEL 31 AL 35
5	PC O LAPTOP	BATERÍA	DEL 6 AL 10
6	DISPOSITIVOS DE CONTROL Y HMI	BATERÍA	DEL 16 AL 20
7	SWITCH	BATERÍA	DEL 26 AL 30
8	IMPRESORAS	BATERÍA	DEL 36 AL 40

Cuadro 4.2 Asignación de direcciones IP

Una vez establecido el PLAN IP de nuestros dispositivos procedemos a diagramar nuestra infraestructura de red, la cual será la que se muestra a continuación:

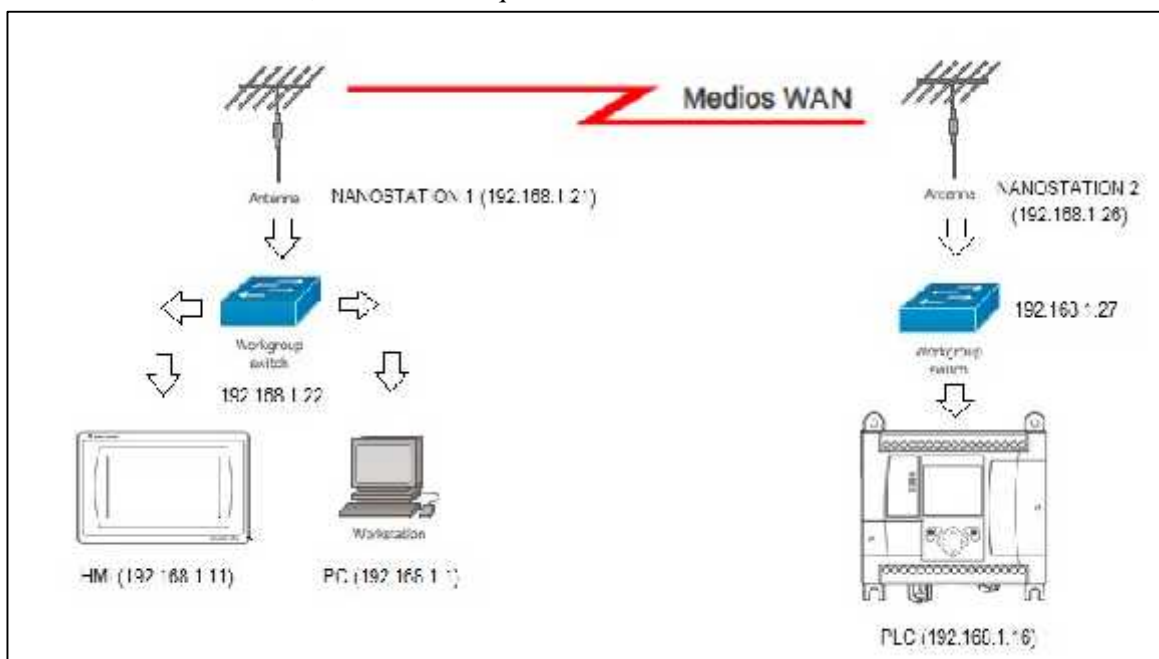


Figura 4.9 : Diagrama de infraestructura de red

Para este propósito se instalaron antenas de radio frecuencia Marca Ubiquiti modelo Nanostation M2 las cuales fueron configuradas, uno de ellos como Punto de acceso WDS y el otro como Estación WDS.

Para la antena que se configuro como Punto de Acceso WDS los datos de configuración serán los siguientes:

Configuración del NanoStation1:

- En modo Punto de acceso WDS.
- IP: 192.168.1.21.
- SSID: NS1.
- Encriptación WEP.

Primero accedemos al dispositivo:

por defecto tiene la Dirección IP : 192.168.1.20,

- LOGIN: UBNT
- PASSWORD: UBNT

Una vez logeados, cambiamos la dirección IP (Network -> Network Settings) y le asignamos la que queramos, en este caso será 192.168.1.21, Seleccionamos la opción, "CHANGE" para aplicar los cambios.



Figura 4.10: Asignación de IP estación 1

Recordar de cambiar también el rango IP en la propiedades TCP/IP de la tarjeta de red. Una vez le hemos puesto la IP de nuestro rango, procedemos a configurar los parámetros del dispositivo.

En este caso accedemos al menú de “LINK SETUP” y especificamos las siguientes opciones:

- Modo inalámbrico: Punto de acceso WDS
- Conexiones WDS: La dirección MAC del cliente WDS.
- SSID: NS1
- Código de país: Perú
- Modo IEEE 802.11: B/G Mixto
- Anchura del espectro: 20Mhz
- Canal: 7 Seguridad: WEP



Figura 4.11: Configuración de parámetros estación 1

Una vez configurado el primer dispositivo como “Punto de acceso WDS” procederemos a configurar el segundo como “Estación WDS” de la manera que se muestra en el siguiente punto.

Configuración del NanoStation2:

- En modo Estación WDS.
- IP: 192.168.1.26.
- SSID: NS1.
- Establecer encriptación, en este caso WEP.

Primero accedemos al dispositivo, por defecto tiene:

- Dirección IP: 192.168.1.20
- login: ubnt
- password: ubnt

Una vez logeados, cambiamos la IP (Network -> Network Settings) y le asignamos la que deseamos, en este caso la 192.168.1.26, le damos a “Change” para aplicar los cambios.



Figura 4.12 : Asignación de IP estación 2

Una vez le hemos puesto la IP de nuestro rango, procedemos a configurar los parámetros del dispositivo.

En este caso accedemos al menú de “LINK SETUP” y especificamos las siguientes opciones:

- Modo inalámbrico: Estación WDS
- ESSID: Pulsar en seleccione y elegir la que queramos, en este caso NS1
- Código de país: Perú.
- Modo IEEE 802.11: B/G Mixto
- Anchura del espectro: 20Mhz
- Seguridad: WEP



The image shows the 'NanoStation2' configuration window with tabs for Main, Link Setup, Network, Advanced, Services, and System. The 'Main' tab is active, displaying two sections: 'CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA' and 'SEGURIDAD INALÁMBRICA'.

**CONFIGURACION INALÁMBRICA BÁSICA**

- Modo Inalámbrico: Estación WDS
- ESSID: NS1
- Vincular al MAC AP:
- Código País: Spain, Spanish State
- Modo IEEE 802.11: B/G mixto
- Anchura del espectro de canal: 20MHz
- Vel. máx. de datos: 54Mbps
- Cambio de canal: Inhabilitado
- Lista de exploración de canales: ☐ Habilitado
- Potencia de salida: 11 dBm
- Velocidad de datos, Mbps: 54
- ☒ Auto
- ☒ Obedecer potencia reglamentaria

**SEGURIDAD INALÁMBRICA**

- Seguridad: WEP
- Tipo de autenticación: ☒ Abierto ☐ Clave compartida
- Longitud Clave WEP: 64 bit
- Clave WEP: 3949000000
- Tipo de Clave: HEX
- Índice Clave: 1
- WPA Authentication: ☒ PSK ☐ EAP-TLS ☐ RSCHAPV2
- WPA Clave Pre-Compartidas:
- WPA Identity:
- WPA User Name:
- WPA User Password:

Buttons: 'Seleccione...', 'Edición', 'Cambiar'.

Figura 4.13 : Configuración de parámetros para estación 2

Una vez hayamos configurado los dos equipos uno como “Punto Acceso WDS” y el otro como “Estación WDS” lo único que tenemos que hacer es comprobar que se hayan enlazado y alinearlos para su correcto funcionamiento.

Para comprobar que se hayan enlazado y conectado tenemos que acceder a la pestaña de “MAIN” del NanoStation que hemos configurado como “Estación WDS” por ejemplo, y observar los valores de fuerza de señal.

Los valores para establecer un enlace operativo son de entre -85 dBm y -65 dBm, inferiores a -85 dBm causarán un posible corte en el enlace. Valores por encima de -65 dBm indican un exceso de señal y causarán un comportamiento anómalo en el dispositivo. Ajustar la potencia de salida hasta conseguir estos valores de enlace.

Se transmitirá los datos recopilados del PLC, a través de un switch de comunicación que se conectara a un elemento POE el cual envía los datos y la alimentación eléctrica para la antena que emitirá las ondas de radio hasta la estación central.

#### 4.4.1. Discusión de Resultados

Tomando en cuenta nuestro cuarto objetivo planteamos un diseño de comunicación mediante radio frecuencia, que permite enlazar dos puntos distantes logrando así tener un monitoreo remoto de los datos necesarios para el cierre de producción de un lote petrolero en la estación central, utilizando para ello comunicación Ethernet, siendo este modo planteado más eficiente en comparación al modo tradicional de envío de información de cada batería de producción el mismo que se realiza de forma escrita y es llevado de un punto a otro de manera física lo que ocasiona tiempos muertos en la producción.

#### 4.5. Recepción de los datos de producción diaria de un lote petrolero en la estación central y monitoreo en una interface hombre maquina (HMI).

Después de realizar la intercomunicación de la estación central y la batería de almacenamiento y bombeo se procede a configurar el HMI.

El HMI utilizado es el PANEL VIEW PLUS 700 el cual cuenta con comunicación ETHERNET, para esto se necesita configurar sus datos de IP (192.168.1.11) y mascara de Subred (255.255.255.0) dentro del dominio.

Luego de esto se crea un tópico donde se enlaza los datos del PLC con el HMI, para lo cual se utiliza su gestor de comunicación RSLINX Enterprise y se hace click en Communication Setup, quedando de esta forma:

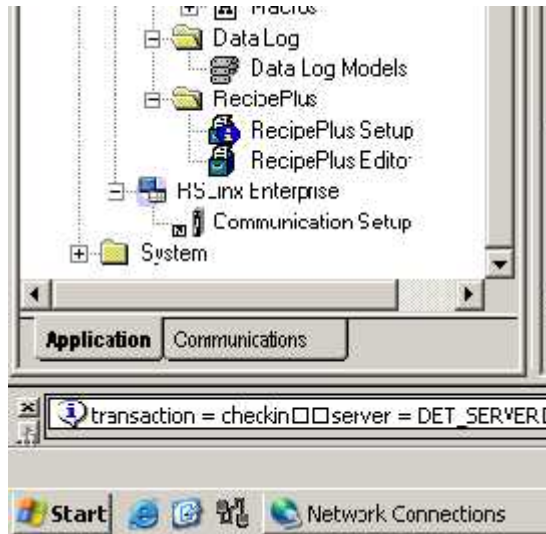


Figura 4.14 : Enlace de datos de PLC y HMI

Luego se crea el tópico CA19 el cual enlazara al PLC Micrologix 1100, esto se hará en la pestaña DEVICE SHORTCUTS tanto en RUNTIME como en DESIGN.

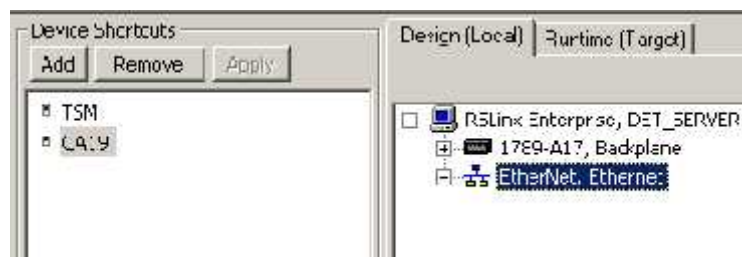


Figura 4.15 : Enlace al PLC

Una vez enlazado se crearan las pantallas de los cuatro Vol-U-Meter que se automatizaran quedando de la siguiente forma:

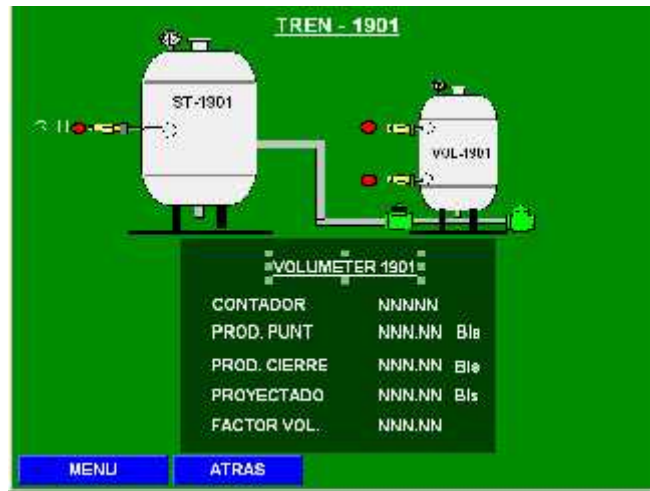


Figura 4.16: Creación de pantallas

Para el dato a visualizar en CONTADOR se enlazara el vínculo del tag asignado en el PLC de la siguiente forma `::[TSM]Program:MainProgram.CONTADOR_1901` como se muestra en la figura :

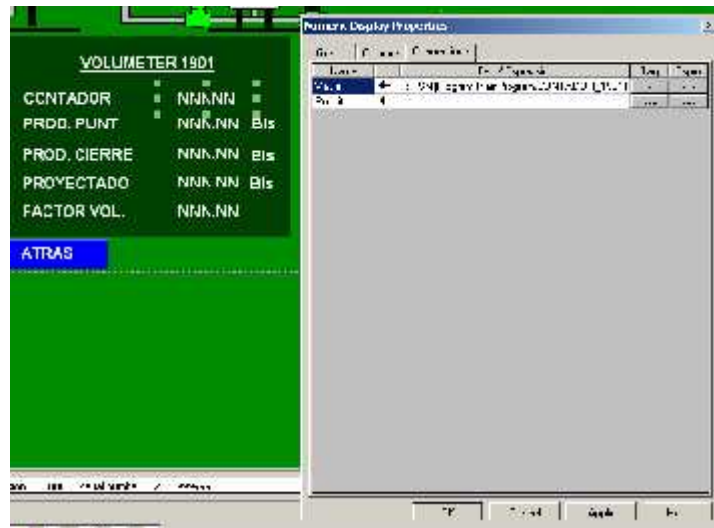


Figura 4.17: Visualización de los datos en el contador

Así sucesivamente para los datos siguientes mostrados en la pantalla:

- PROD. PUNT: `::[TSM]Program:MainProgram.PROD_PUNT_1901`
- PROD. CIERRE : `::[TSM]Program:MainProgram.PROD_CIERRE_1901`
- PROYECTADO: `::[TSM]Program:MainProgram.PROY_1901`
- FACTOR VOL.: `::[TSM]Program:MainProgram.FACTOR_1901`

#### 4.5.1. Discusión De Resultados

Siendo necesario tener un monitoreo de datos en tiempo real se considera enlazar en una misma Red el PLC de control y HMI de monitoreo, reduciendo el tiempo de cálculos de producción, que en comparación a la forma tradicional toda esta información llega en modo de texto impreso teniendo que actualizar una hoja de cálculo para poder realizar el cierre de producción de Vol-U-Meter , Batería y Lote de producción, lo que permite agilizar el proceso de Totalización de la Producción ya que la actualización de la Data se realiza de forma automática.

## CONCLUSIONES

1. En relación a nuestro primer objetivo específico planteado podemos concluir que se puede obtener una unidad de medida estandarizada de crudo en el Vol-U-Meter a través de la instalación de level Switch distantes 22 pulgadas entre ellos, los cuales entregarán un volumen aproximado de 1 BBL por iteración.
2. Teniendo en cuenta nuestro segundo objetivo específico se concluye que se puede controlar los desplazamientos de crudo dentro del Vol-u-meter mediante la implementación de una lógica de control instalada en el PLC Micrologix 1100, el mismo que cuenta con 10 entradas digitales y 2 entradas analógicas y 6 salidas tipo relé, utilizando para ello el software de programación RSLOGIX 500.
3. Basándonos en nuestro tercer objetivo podemos concluir que se puede Cuantificar y almacenar en el PLC las iteraciones de los desplazamientos de crudo provenientes de la producción de pozo petrolero mediante la implementación de una lógica de control en el PLC, adicionando “tag” o etiquetas lógicas de programación utilizando fórmulas para calcular la producción puntual, la producción proyectada y la producción de cierre por cada pozo.
4. Teniendo en cuenta nuestro cuarto objetivo específico se puede concluir que es posible la transmisión de información de los datos de la producción diaria de los pozos petroleros a través de radio enlace desde las baterías de almacenamiento y bombeo hasta una estación central para lo cual se utilizó la tecnología de radio frecuencia instalando equipos Ubiquiti Nanostation M2.
5. En relación a nuestro quinto objetivo específico se concluye que es posible lograr la recepción y visualización de datos de producción diaria y cierre de producción en la estación central mediante la instalación de una interface hombre maquina (HMI) y su software embebido para enlace con otros dispositivos RSLINX Enterprise los mismos que son enviados desde las baterías de almacenamiento y bombeo.

## RECOMENDACIONES

1. Para obtener una adecuada cubicación del Vol-u-meter es necesario asegurarse que sus paredes internas no presenten impregnados Residuos de Borrás de crudo, para ello se recomienda realizar una limpieza previa a la instalación de los Level switch, ya que la presencia de este material genera una distorsión en los valores volumétricos del mismo reduciendo su capacidad de volumen.
2. Teniendo en cuenta que existen múltiples tipos de modelos de Swich de Nivel en el mercado se recomienda que los level switch instalados sean de tipo boya es decir sensores invasivos que estén en contacto directo con el crudo y de esta manera reducir el margen de error en la lectura que entregan.
3. Se recomienda realizar una cubicación por cada vol-u-meter automatizado, es decir el volumen por iteración que desplaza el vol-u-meter, lo cual nos permite tener un factor con el cual multiplicar el número de iteraciones y poder hallar el volumen producido por el pozo, de no considerar esta operación y asumir que el factor siempre será un barril generaría un error considerable en la lectura de los equipos.
4. Para lograr un adecuado enlace entre la estación central y la batería de almacenamiento es necesario tener línea de vista entre los equipos de radio frecuencia para lo cual se recomienda evaluar el terreno e instalar postes como soporte de antena de aproximadamente 12 metros de altura, lo cual elimina interferencias entre ambos puntos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autómatas programable (2001). Curso básico de autómatas programables. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/webcqmhl/pagina%20principal/index.htm>
- Blanca A. Cotilla I (2008), Automatización. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/administracionestrategia/automatizacion-en-procesos-como-mejorespracticas.htm>
- Bolton, W. (Ed). (2001). Meca trónica sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica 2da edición. Editorial ALFA OMEGA.
- Castaño A. & Moreno, H. (2004). El proceso del diseño: Diseño de máquinas. Recuperado de. <http://es.scribd.com/doc/27237244/Libro de Diseño de máquinas>
- De Jovanny Rafael, D. (2007). Electrohidráulica. [Versión Scribd]. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/106369973/-JRD-Modulo-Electrohidraulica-Students-pdf->
- De Mendiburu Díaz, H. (2008). Sistemas Scadas [Versión Galeon]. Recuperado de <http://www.galeon.com/hamd/pdf/scada.pdf>
- Duran, C. H. (2 000), Manual de Equipos de Servicio de Pozos (Informe Núm.1) Talara FARR C. (Ed.). (2000). Tenazas hidráulicas de potencia (Informe Núm.1) EE.UU.
- Google Earth, [https://earth.google.com/web/@-4.29032061,-81.25335423,24.65907288a,423.1515773d,35y,0.00000001h,44.99599373t,-0r/data=CIaAThJGCiUweDkwMzZmNDFmYjNhYzhiNmQ6MHg4NjEzNmRiY2RhM2RkMmZhGYSHxJhPKRHAIZ\\_QocJHUFTAKgtQZcOxYSBOZWdyYRgBIAEoAg](https://earth.google.com/web/@-4.29032061,-81.25335423,24.65907288a,423.1515773d,35y,0.00000001h,44.99599373t,-0r/data=CIaAThJGCiUweDkwMzZmNDFmYjNhYzhiNmQ6MHg4NjEzNmRiY2RhM2RkMmZhGYSHxJhPKRHAIZ_QocJHUFTAKgtQZcOxYSBOZWdyYRgBIAEoAg)
- Gómez L. (s.f.) Automatización Industrial principios y aplicaciones. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/29338450/automatización-industrial>
- Hernández Cevallos, M; Ledesma Marcalla, D (2010). Desarrollo de un sistema scada para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/25T0140.pdf>
- Hernández, Fernández y Baptista, Metodología de La investigación , 6ta edición, McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. ,Mexico.
- Jiménez, D. (1968). Manual del operador petrolero. Perú: Primera Edición Manómetros digitales. (s.f.). Manómetros Modelo CPG500. Hoja técnica de Wika.com.ar. Recuperado de [http://www.wika.com.ar/upload/DS\\_CT0901\\_es\\_es\\_46902.pdf](http://www.wika.com.ar/upload/DS_CT0901_es_es_46902.pdf)
- Negron Nima, D. (2006). Sistema de monitoreo de la medición de flujo para la recepción de combustible para la planta de venta Piura – Petroperú. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Pere Ponsa Asensio y Ramon Vilanova Arbós, Automatización de Procesos Mediante la Guia GEMMA, ediciones UPC , 2005
- Pistones hidráulicos. (s.f.). Cilindros hidráulicos y Componentes. Hoja técnica de hidraulicaeltorito. Recuperado de [http://www.hidraulicaeltorito.com.ar/downloads/CILINDROS\\_EL\\_TORITO.pdf](http://www.hidraulicaeltorito.com.ar/downloads/CILINDROS_EL_TORITO.pdf)

# ANEXOS

## Anexo 1: VOL-U-METER

OIL METERING AND PROCESSING EQUIPMENT CORPORATION



### CV VOL-U-METER

### INSTALLING AND OPERATING INSTRUCTIONS

The CV Vol-U-Meter is an accurate means for measuring liquids by the cyclic accumulation, isolation and discharge of equal volumes. Each cycle represents a known volume of liquid and the total volume passing through the Vol-U-Meter is easily determined from the counter readings. The CV Vol-U-Meter will meter from "no flow" to "maximum flow" capacity with equal accuracy. The unit volume per cycle does not vary.

#### HOW TO INSTALL THE CV VOL-U-METER

1. The Vol-U-Meter must **NOT** be rolled off or dropped from the delivering vehicle. The CV Vol-U-Meter is a precision metering unit.
2. Mount the CV Vol-U-Meter on a solid, level base. Use hold-down clamps if necessary. The Vol-U-Meter should be plumb.
3. The *Upper* dumping level on the CV Vol-U-Meter must be lower than the upper liquid level of the separator (or treater) vessel so that the CV Vol-U-Meter will fill by gravity flow. The CV Vol-U-Meter should be as near to the separator or treater as possible.
4. The CV Vol-U-Meter acts as a liquid level control for the separator or treater; therefore, the regular separator or treater LLC and Diaphragm Meter Valve should be removed or tied open when the CV Vol-U-Meter is installed.
5. The liquid inlet line to the Vol-U-Meter should be as straight as possible and should be as large as the Vol-U-Meter inlet meter valve. The direction of flow through the valves is indicated by arrows on the valves.

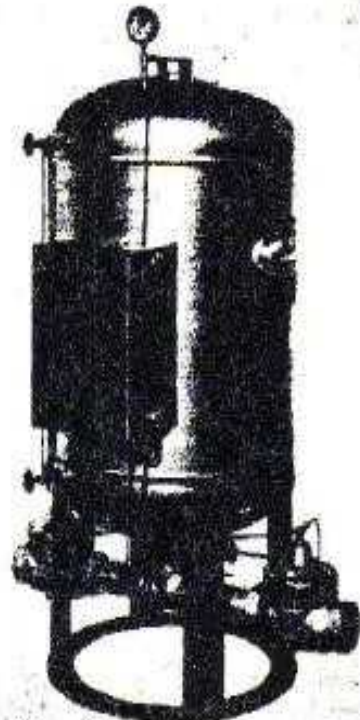
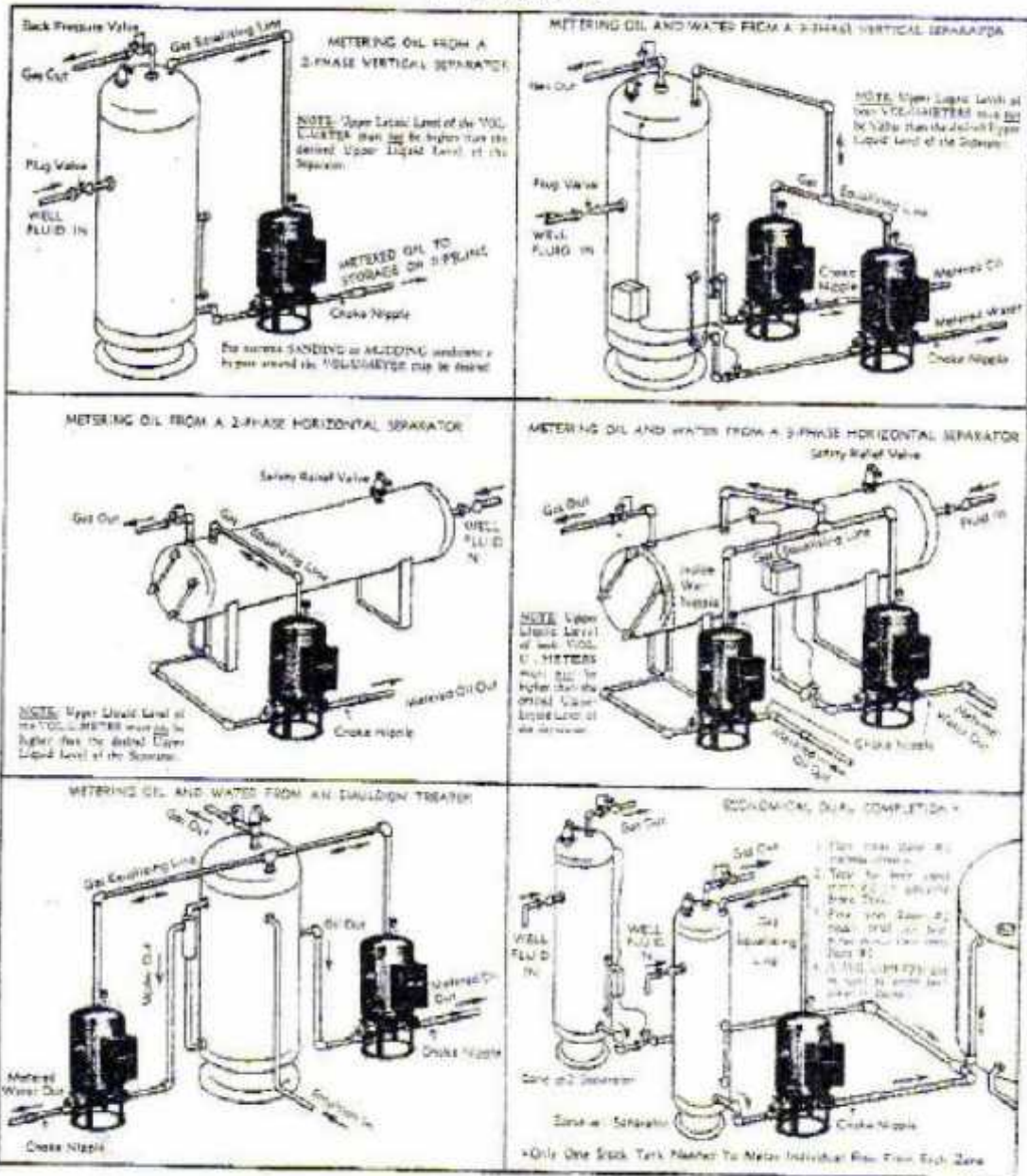


Fig. 1. CV Vol-U-Meter

Form No. 2-5-752



## TYPICAL APPLICATIONS OF THE CV VOL-U-METER

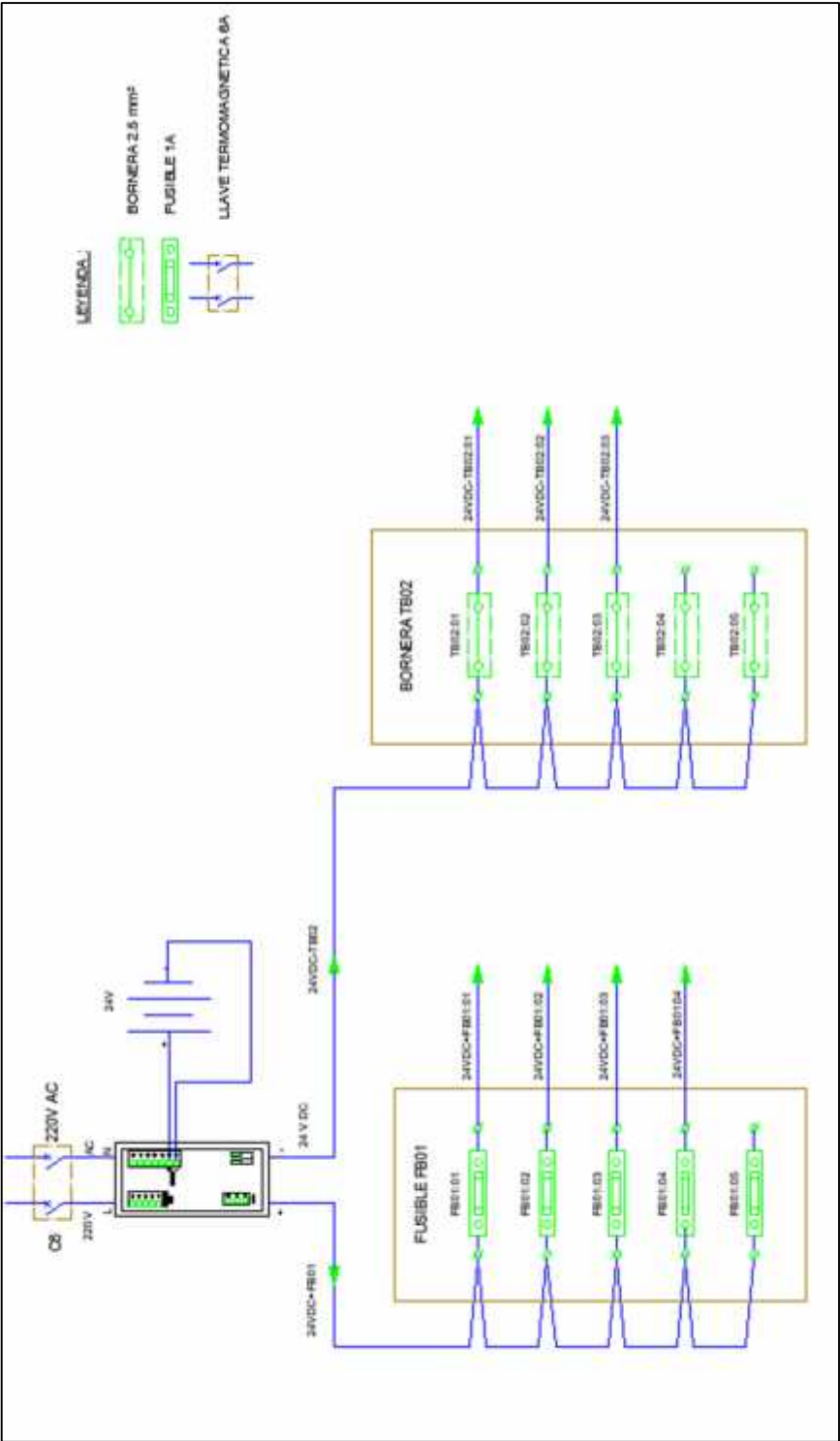


OIL METERING AND PROCESSING EQUIPMENT CORPORATION  
4842 YALE STREET P. O. BOX 10777 PHONE MCLAREN 3-2326  
HOUSTON 18, TEXAS

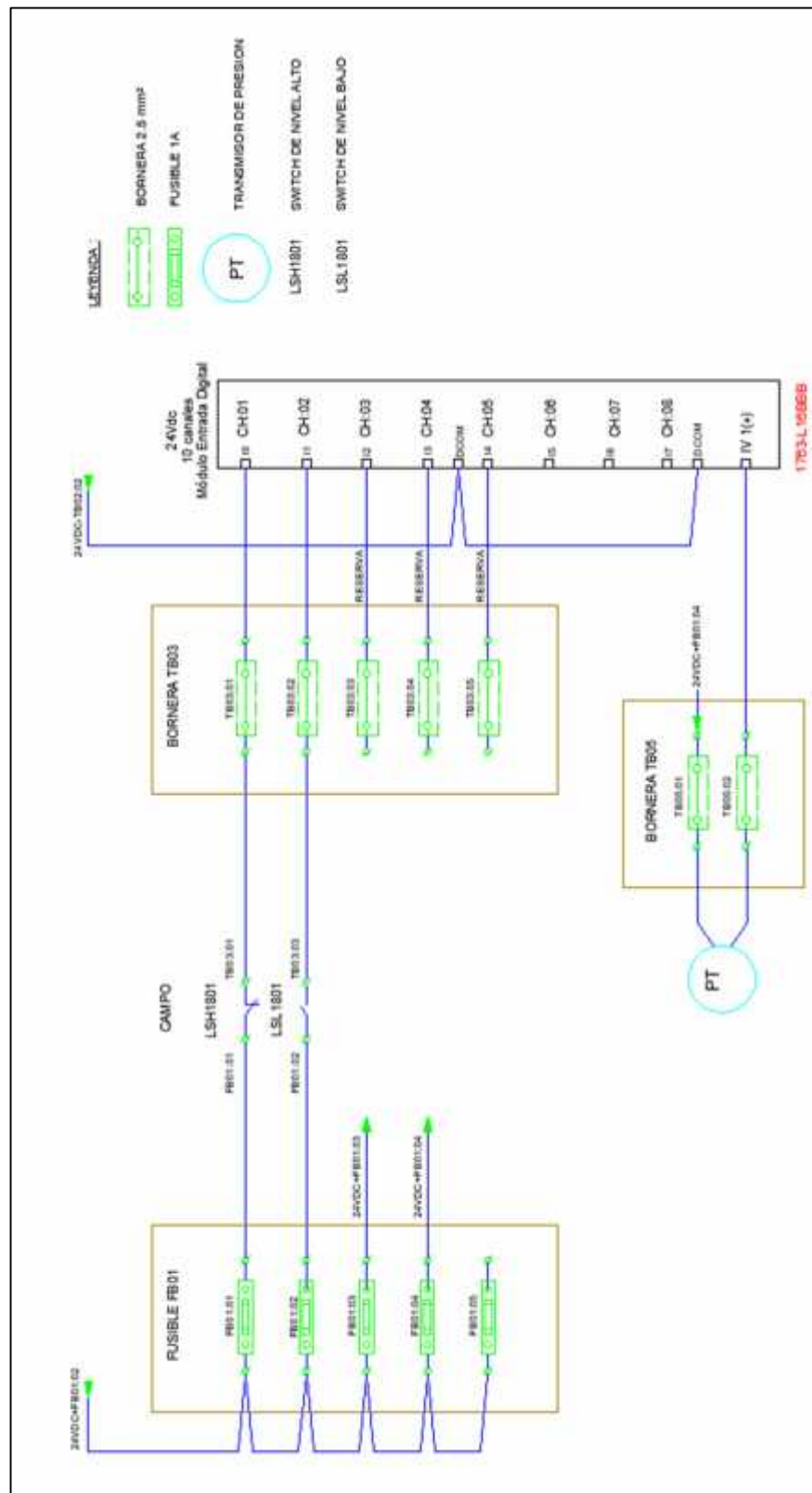


[illegible]

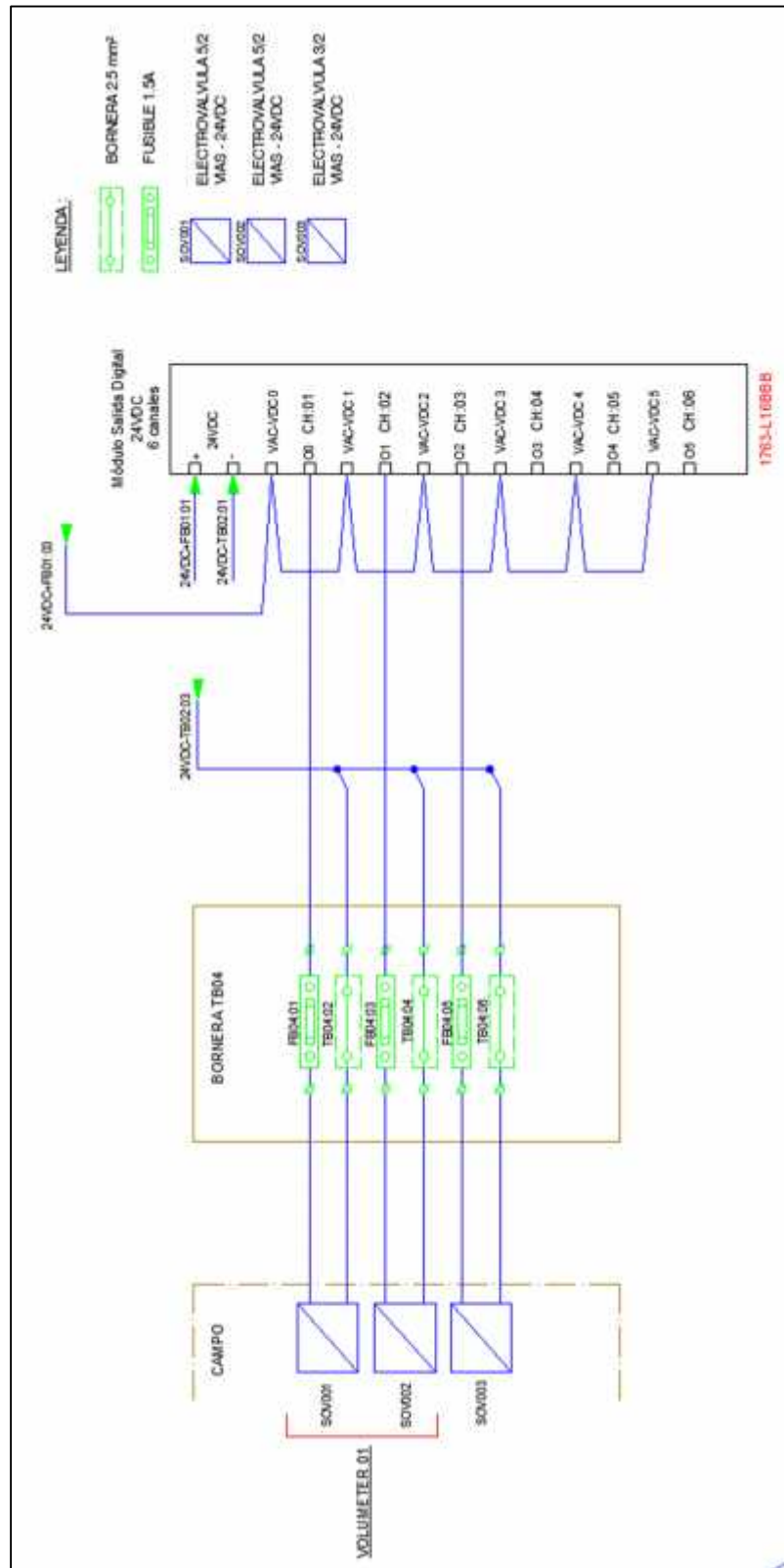
ANEXO 3 : DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLERO DE CONTROL



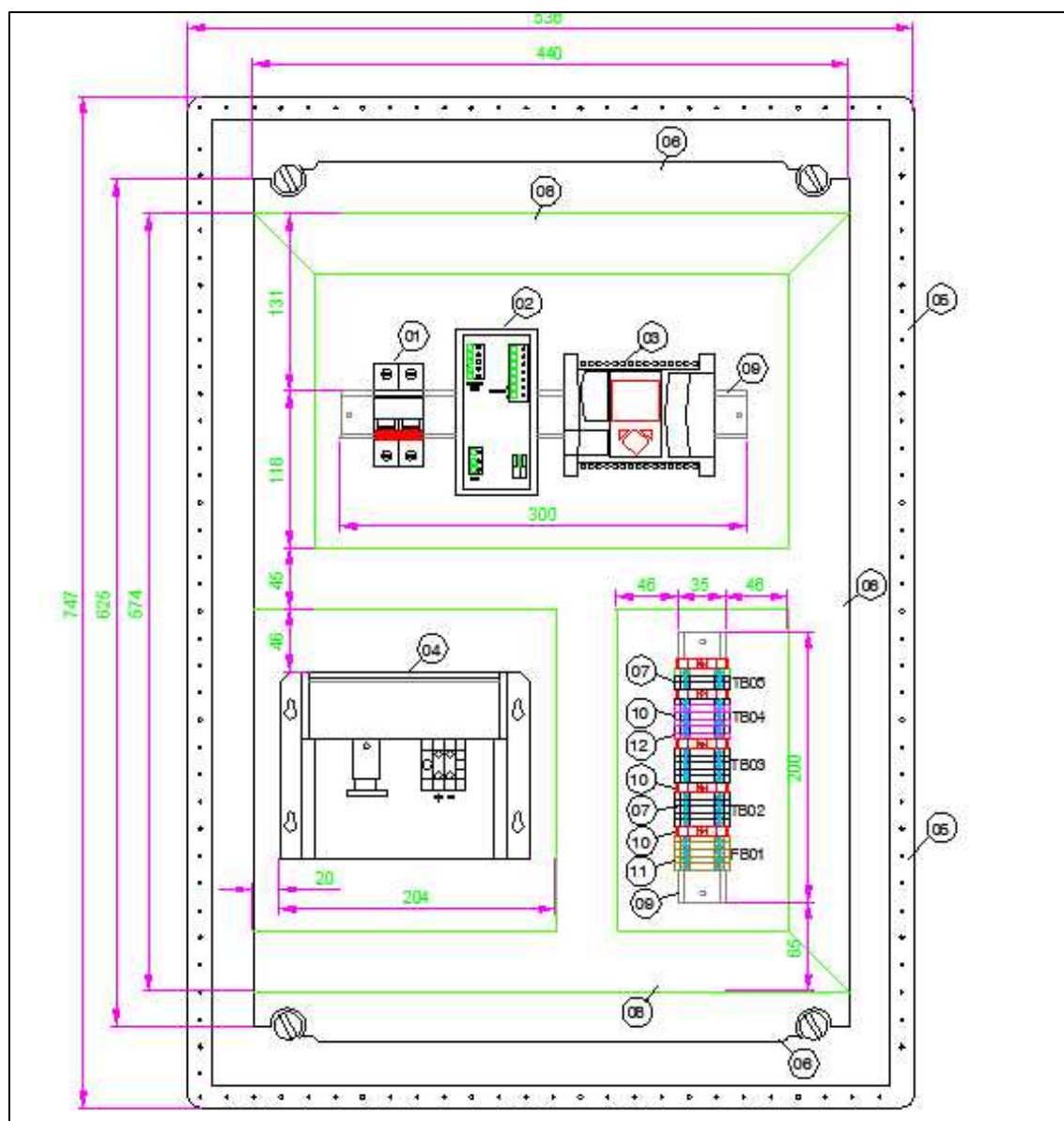
#### ANEXO 4 DIAGRAMA DE CONEXIONADO (ENTRADAS) DE TABLERO DE CONTROL



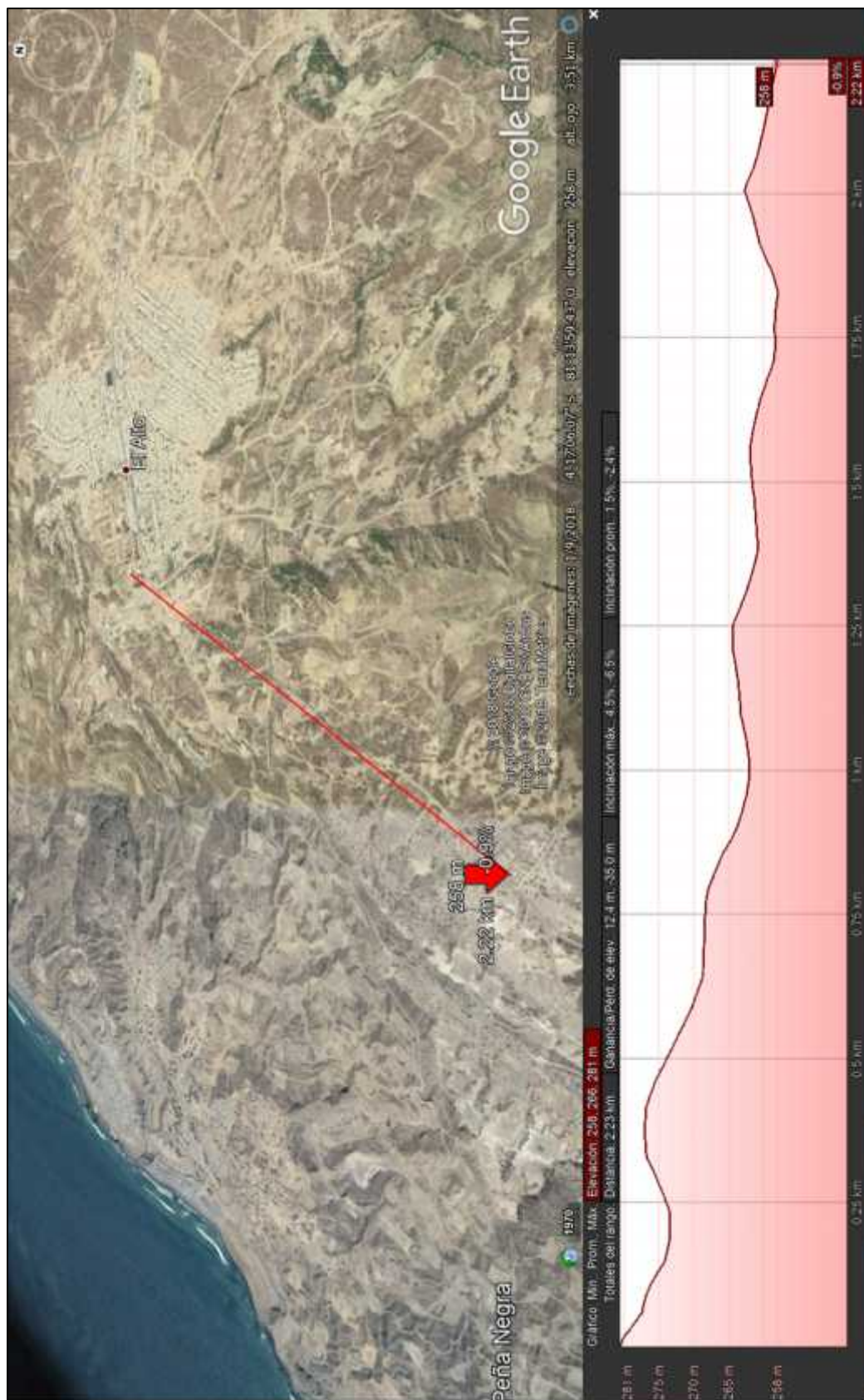
# ANEXO 5: DIAGRAMA DE CONEXIONADO (SALIDAS) DE TABLERO DE CONTROL



## ANEXO 6: MONTAJE DE ELEMENTOS DE TABLERO DE CONTROL



## ANEXO 7: DISTANCIA PARA RADIOENLACE – GOOGLE EARTH





## ANEXO 8 : DATASHEET SWITCH DE NIVEL

### Specifications

#### MLS Series

Process connection: 2" NPT (MLS-020)  
1-1/2" NPT (MLS-015)  
Fluid Density (SG): 0.50 min. (No Extension) 0.65 min (1" Extension)  
Pressure Rating: 2000 psig (13.8 MPa) [138 bar]  
Materials:  
Body: ASTM A351 CF8 (304 SS)  
Cover: ASTM A351 CF8 (304 SS)  
Other Wetted Parts: 304 or 316 SS  
Process Temperature: -20 to 300° F (-29 to 149° C)  
Electrical: 30VAC/VDC 75mA Form C SPDT

#### Approximate Shipping Weights and Dimensions

Weight: MLS-020 models, 5.5 lbs. (2.49 kg); MLS-015 models, 5 lbs. (2.27 kg)  
Dimensions: 14 x 5 x 3.5 in. (356 x 127 x 89 mm)

ANEXO 9: DATASHEET DE VÁLVULA SOLENOIDE

4/2, 5/2 en línea; 3/2 - 5/2 (convertible) montaje NAMUR.														
Diámetro de conexión (in)	Orificio interno (in)	CV Factor de Flujo	Presión de operación diferencial (PSI)			Máx temp. del fluido (°F)	Modelo	Voltaje de la bobina	Potencia eléctrica (W)	Material del cuerpo	Material de sellos e interfaces	Aprobaciones		Tiempo de entrega
			Min.	Aire	Agua							Acetate	UL	
4/2 En línea simple solenoide														
1/4"	3/16"	0.7	0	125	100	100	8342G001	120/60	20.1	BR	PTFE	●	-	3/días
		0.7	0	125	100	100	8342G001MS	120/60	20.1	BR	PTFE	●	-	3/días
		0.7	0	125	100	100	EF8342G001	120/60	20.1	BR	NBR	●	-	3/días
		0.7	0	125	100	100	EF8342G001	240/60	20.1	BR	NBR	●	-	10/días
		0.7	0	125	100	100	EF8342G001MS	120/60	20.1	BR	NBR	●	-	3/días
	1/4"	0.8	10	250 ⑩	250 ⑩	250 ⑩	8344G000	⑦ 120/60, 110/50	17.1	BR	NBR	-	-	3/días
		0.8	10	250 ⑩	250 ⑩	250 ⑩	8344G000	⑦ 240/60, 220/50	17.1	BR	NBR	-	-	10/días
		0.8	10	250 ⑩	250 ⑩	250 ⑩	EF8344G000	⑦ 120/60, 110/50	17.1	BR	NBR	-	-	3/días
		0.8	10	150	125	125	8344G070	120/60, 110/50	10.1	BR	NBR	●	-	3/días
		0.8	10	125	125	125	8344G070	24/DC	11.6	BR	NBR	●	-	3/días
3/8"	3/16"	0.7	0	125	100	100	8342G003	120/60	20.1	BR	PTFE	●	-	3/días
		0.7	0	125	100	100	EF8342G003	120/60	20.1	BR	NBR	●	-	3/días
		0.7	0	125	100	100	EF8342G003	24/60	20.1	BR	NBR	●	-	10/días
1/2"	3/8"	0.8	10	250 ⑩	250 ⑩	250 ⑩	8344G001	⑦ 120/60, 110/50	17.1	BR	NBR	●	-	3/días
		1.4	10	250 ⑩	250 ⑩	250 ⑩	8344G027	⑦ 120/60, 110/50	17.1	BR	NBR	●	-	3/días
		1.4	10	150	125	125	8344G074	⑦ 120/60, 110/50	10.1	BR	NBR	●	-	3/días
4/2 En línea doble solenoide														
1/4"	3/16"	0.7	0	125	125	125	8342G020	120/60	16.1	BR	PTFE	●	-	3/días
		0.7	0	125	125	125	EF8342G020	120/60	16.1	BR	PTFE	●	-	3/días
1/2"	3/8"	1.4 - 2.2	10	250	200	125	JKH8344G082MO	120/60	6.1	BR	PTFE	-	-	3/días



## ANEXO 10: DATASHEET DE PLC MICROLOGIX 1100

### General Specifications


Description	1763-			
	L16AWA	L16BWA	L16BBB	L16DWD
Dimensions	Height: 90 mm (3.5 in.), 104 mm (4.09 in.) (with DIN latch open) Width: 110 mm (4.33 in.), Depth: 82 mm (3.23 in.)			
Shipping weight	0.5 kg (1.1 lb)			
Number of I/O	12 inputs (10 digital and 2 analog) and 6 outputs			
Power supply voltage	100...240 V AC (±15%, ±10%) at 47...63 Hz		24V DC (±15%, ±10%) Class 2 SELV	12V to 24V DC (±15%, +10%) Class 2 SELV
Heat dissipation	See Appendix B.			
Power supply inrush current (max.)	120V AC: 25 A for 6 ms 240V AC: 40 A for 4 ms		24V DC: 15 A for 20 ms	
Maximum power consumption	45 W	57 W	35 W See MicroLogix 1100 DC Input Power Requirements for L16B L16BBB Unit on page 165	
24V DC sensor power	None	250 mA at 24V DC AC Ripple < 500 mV peak-to-peak 400 µF max.	None	
Input circuit type	Digital: 120V AC  Analog: 0...10V DC Relay	Digital: 24V DC sink/source (standard and high speed)  Analog: 0...10V DC Relay	Digital: 24V DC sink/source (standard and high speed)  Analog: 0...10V DC Relay/HFI	
Output circuit type	Relay			
Relay duty rating	Ordinary function — R300, R1P Hazardous location — C300, R150			
Temperature, operating	-20...65 °C (-4...149 °F) ambient			
Temperature, storage	-40...105 °C (-40...185 °F) ambient			
Relative humidity	5%...95% non-condensing			
Vibration	Operating: 10...500 Hz, 5 g, C-D 15 in. max. peak-to-peak, 2 hours each axis Relay Operation: 1.5 g			
Shock, operating	50 g, 3 pulses each direction, each axis Relay Operation: 10 g			
Shock, non-operating	50 g panel mounted/40 g DIN Rail mounted, 3 pulses each direction, each axis			
Terminal screw torque	0.56 Nm (5 C in-lb) rated			

### General Specifications

Description	1763-			
	L16AWA	L16BWA	L16BBB	L16DWD
Agency certification	UL Listed Industrial Control Equipment for use in Class 1, Division 2, Hazardous Locations, Groups A, B, C, D  C-UL Listed Industrial Control Equipment for use in Canada  CE marked for all applicable directives  RoHS marked for all applicable acts			
ESD immunity	EN 61000-4-2 4 kV contact, 8 kV air, 4 kV indirect			
Radiated RF immunity	EN 61000-4-3 1 V/m, 25...1000 MHz (alternatively, 80...1000 MHz), 80% amplitude modulation, 1000 MHz log-pulse carrier			
Fast transient immunity	EN 61000-4-4 2 kV, 5 kHz communications cable such as EtherNet, RS-232, and RS-485: 1 kV, 5 kHz			
Surge transient immunity	EN 61000-4-5 Unshielded communications cable: 2 kV CM (common mode), 1 kV DM (differential mode) Shielded communications cable: 1 kV galvanic surge 1 kV 2 kV CM (common mode), 1 kV DM (differential mode) AC Power Supply input: 4 kV CM (common mode), 2 kV DM (differential mode) DC Power Supply input: 500 V CM (common mode), 500 V DM (differential mode) AI/DI Auxiliary Output: 500 V CM (common mode), 500 V DM (differential mode)			
Conducted RF immunity	EN 61000-4-6 10 V, 150 kHz...30 MHz			
Conducted emissions	EN 55011 AC Power Supply Input: 150 kHz...30 MHz			
Radiated emissions	EN 55011 30...1000 MHz			
Line related tests	EN 61000-4-11 AC Power Supply input: voltage drop: -30% for 10 ms, -60% for 100 ms voltage interrupt: at voltage greater than -85% for 5 sec. voltage fluctuation: -10% for 15 minutes, -10% for 15 minutes DC Power Supply input: voltage fluctuation: -20% for 15 minutes, -20% for 15 minutes			


Table 1 - Hardware Features

Item	Feature	Description
1	Display/Touch screen	<p>TFT color graphic display with a touch screen in a range of sizes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 4.3-in. wide screen touch (WQVGA)</li> <li>• 5.7-in. touch (VGA)</li> <li>• 6.5-in. touch (VGA)</li> <li>• 9.0-in. wide screen touch (WVGA)</li> <li>• 10.4-in. touch (SVGA)</li> <li>• 12.1-in. wide screen with touch (WXGA)</li> <li>• 15.0-in. touch (XGA)</li> </ul>
2	Power	24V DC nom (18...30V DC) nonisolated power input
3	Ethernet port (1 or 2)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• One 10/100Base-T, Auto MDI/MDI-X, Ethernet port for controller communication and IEEE 1588 support for synchronization of network-connected devices (Series A and Series B terminals).</li> <li>• Two 10/100Base-T, Auto MDI/MDI-X, Ethernet ports for controller communication that supports Device Level Ring (DLR) network topology (Series B terminals).</li> </ul>
4	Mounting slots	Mounting levers insert into the slots to mount device in a panel or enclosure. The number of slots varies by terminal size.
5	Universal serial bus (USB) host port	One USB 2.0 high-speed (type A) host port.
6	USB device port	One USB 2.0 high-speed (type B) device port for connecting a host computer.




NanoStation2

Datasheet

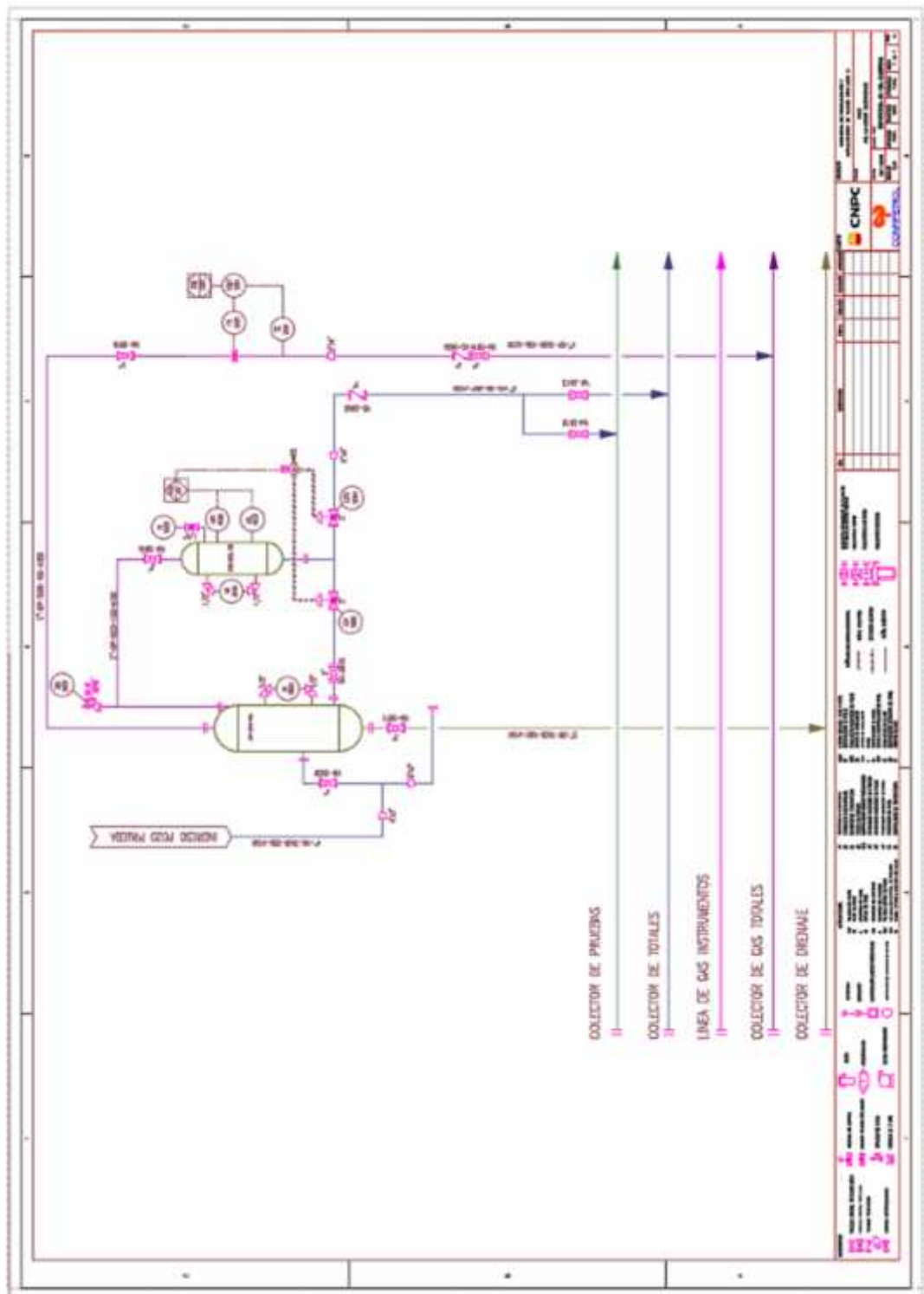


GLOBAL WISP



SYSTEM INFORMATION						
Processor Specs	Atheros AR2315 SOC, MIPS 4KC, 180MHz					
Memory Information	16MB SDRAM, 4MB Flash					
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface					
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION						
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE					
RoHS Compliance	YES					
RADIO OPERATING FREQUENCY 2412-2462 MHz						
TX SPECIFICATIONS						
802.11b	DataRate	1Mbps	TX Power	26 dBm	Tolerance	+/-1dB
		2Mbps		26 dBm		+/-1dB
		5.5Mbps		26 dBm		+/-1dB
		11Mbps		26 dBm		+/-1dB
802.11g OFDM		6Mbps		26 dBm		+/-1dB
		9Mbps		26 dBm		+/-1dB
		12Mbps		26 dBm		+/-1dB
		18Mbps		26 dBm		+/-1dB
		24Mbps		26 dBm		+/-1dB
		36Mbps		24 dBm		+/-1dB
802.11g OFDM		48Mbps		23 dBm		+/-1dB
		54Mbps		22 dBm		+/-1dB
RX SPECIFICATIONS						
802.11b	DataRate	1Mbps	Sensitivity	-97 dBm	Tolerance	+/-1dB
		2Mbps		-96 dBm		+/-1dB
		5.5Mbps		-95 dBm		+/-1dB
		11Mbps		-92 dBm		+/-1dB
802.11g OFDM		6Mbps		-94 dBm		+/-1dB
		9Mbps		-93 dBm		+/-1dB
		12Mbps		-91 dBm		+/-1dB
		18Mbps		-90 dBm		+/-1dB
		24Mbps		-86 dBm		+/-1dB
		36Mbps		-83 dBm		+/-1dB
802.11g OFDM		48Mbps		-77 dBm		+/-1dB
		54Mbps		-74 dBm		+/-1dB
RANGE PERFORMANCE						
Outdoor (BaseStation Antenna Dependent):						
Over 15km						

ANEXO 13: P&ID VOL-U-METER ELECTRONICO.



## ANEXO 14: P&amp;ID VOL-U-METER NEUMATICO.

